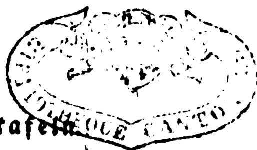
Friedrich Albrecht Carl Gren's
vormals Professors zu Halle

Grundriß der Naturlehre.

Herausgegeben

von

K. W. G. Kastner.
Dr. der Medicin und Philosophie, ord. Professor der Physik und Chemie zu Bonn, mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitglied.



Mit sechszehn Kupfertafeln.

Sechste, sehr vermehrte und verbesserte Auflage.

Halle
bey Hemmerde und Schwetschke.
1820.

Friedrich Albrecht Carl Gren's
vormals Professors zu Halle

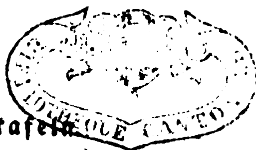
Grundriß der Naturlehre.

Herausgegeben

von

K. W. G. Kastner.

Dr. der Medicin und Philosophie, ord. Professor der Physik und Chemie zu Bonn, mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitglied.



Mit sechszehn Kupfertafeln.

Sechste, sehr vermehrte und verbesserte Auflage.

Halle
bey Hemmerde und Schwetschke.
1820.


LIBERTÉ ET PATRIE
DON FAIT À LA
Bibliothèque Cantonale
en 1826.
par feu monsieur Henri
Struve
profess. de chimie et de
minéralogie
Jn SIBER

Vorrede des Verfassers
zur
dritten Ausgabe.

Die Fortschritte, welche die Experimentalnaturlehre seit der ersten, und selbst seit der zweyten, Ausgabe dieses Buchs gemacht hat; die Entdeckung vieler neuen Thatsachen in diesem Zeitraume; die Berichtigung mehrerer Lehren, und die Menge neuer Ansichten, zu welchen in dem Gebiete dieser Wissenschaft der vereinigte Fleiß so vieler Naturforscher des In- und Auslandes Gelegenheit gegeben hat, machte es mir zur Pflicht, diese Ausgabe ganz umzuarbeiten. Die Veränderungen, die sie dadurch erlitten hat, sind von der Beschaffenheit, daß sie als ein ganz neues Werk angesehen werden kann. Es wäre keinesweges genug gewesen, neue Entdeckungen bloß in Anmerkungen hier und da einzuschalten; es mußten ältere, nicht weiter haltbare, Theorieen ganz aufgeopfert, viele Lehrmeinungen ganz umgearbeitet werden, wodurch denn Form und Materie des Buchs durchaus eine Veränderung erlitt. Ich habe keinen Fleiß gespart, um

das Werk in Hinsicht der Materien so vollständig als möglich zu machen, und eine Uebersicht alles Wissenswürdigen in dem Gebiete der Naturlehre zu geben; und ich darf mir schmeicheln, darin keinem meiner Vorgänger nachzustehen. Die neue Ordnung, in welcher ich die einzelnen Lehren gestellt habe, gewährt nicht nur eine natürliche Verknüpfung derselben, sondern erleichtert auch die Uebersicht des Ganzen, welches bey der Menge von Thatsachen gewiß ein nothwendiges Erforderniß ist. Kenner werden übrigens bald finden, daß ich nicht bloß das Alte und Neue gesammelt habe, sondern daß viele Sätze mir eigenthümlich zugehören.

Der erste Theil, welcher die allgemeine Naturlehre enthält, hat sehr beträchtliche Abänderungen und Zusätze. Im ersten Hauptstücke desselben trage ich die metaphysische Naturlehre vor, die mit Recht den übrigen Theilen der Physik vorangehen muß. Es ist in der That unverzeihlich, die Aufklärungen, welche die kritische Philosophie hier verschafft hat, zu ignoriren. Die Gründe derselben für das dynamische und gegen das atomistische System bestimmten meine Ueberzeugung für das erstere; doch trage ich auch das letztere zugleich vor. Ich habe in diesem Abschnitte ganz auf Kants metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft gebauet;

ich brauchte aber nicht die Ordnung zu befolgen, wie er bey der ersten Begründung seines Systems thun mußte, nämlich den Begriff der Materie nach den Momenten der Kategorieen durchzuführen. Die ganze reine Bewegungslehre gehört mit Recht zu diesem Abschnitte, da sie die Materie bloß als beweglich, ohne andere empirische Eigenschaften derselben, zum Grunde legt. Die Behauptungen, welche der sel. Gehler gegen die Sätze von Trägheit, Masse und Widerstand gemacht hat, gründen sich auf einen bloßen Mißverstand, der freylich sehr allgemein ist. Ich habe es für unnöthig gehalten, mich auf detaillirte Widerlegung derselben, die mir sehr leicht geworden seyn würde, einzulassen. Unbefangene Kenner werden sehr leicht selbst entscheiden können; und für diese ist das, was ich beym §. 62. gesagt habe, hinlänglich, ihr Urtheil zu bestimmen. Im zweyten Hauptstücke handle ich von den Grundstoffen der Körper, die wir durch die neuere Chemie kennen, freylich nur vorerst im Allgemeinen; und dann von den Formen, worin uns die Materien unserer Welt erscheinen. Ich leite diese Formen von den verschiedenen wechselseitigen Verhältnissen der beyden Grundkräfte der Materie bey den specifisch verschiedenen Arten derselben ab. Die Lehre von der Krystallisation fand hier ihren Platz. Die man-

nigfaltigen Phänomene der Cohärenz stehen ebenfalls damit im Zusammenhange, die wiederum auf die Lehren von den chemischen Verwandtschaften führen. Die chemische Auflösung ist kein geringer Beweis für das dynamische System. Um eines neuern Sophisten in der physischen Chemie willen, hätte ich wohl näher darauf hinzeigen sollen (ob es gleich von selbst aus dem Gesagten fließt), daß die Kraft, welche das Anhängen liquider Materien an feste bewirkt, von der, welche die Auflösung fester in liquiden hervorbringt, nur dem Grade nach verschieden ist. Im erstern Falle nämlich ist die Anziehung zwischen den Theilen des festen und liquiden Stoffes nur größer, als zwischen den Theilen des letztern allein; im andern Falle ist sie hingegen größer, als die Summe der respectiven Anziehungen zwischen den Theilen des liquiden Stoffes unter sich, und zwischen den Theilen des festen Stoffes unter sich. Im dritten Hauptstücke handle ich die Phänomene der Schwere im Allgemeinen ab, die alle Körper, in so fern sie schwer sind, und ohne Rücksicht auf ihre Form, ob sie nämlich fest, liquid oder expansibel sind, zeigen. Dahin gehört die Lehre vom freyen Falle, vom Falle auf der schiefen Ebene, von den Pendelschwingungen, von der Wurfbewegung, von der Centralbewegung schwerer Körper. Das vierte

Hauptstück enthält die Phänomene schwerer fester Körper, und begreift die Lehre vom Schwerpunkte fester Körper, vom Gleichgewichte derselben, und von ihrem Stoße. Im fünften Hauptstücke sind die Phänomene schwerer liquider Körper vorgetragen; oder es enthält den hydrostatischen Theil der Naturlehre. Die Tabelle über die eigenthümlichen Gewichte habe ich so vollständig als möglich zu machen gesucht. Das sechste Hauptstück, von den Phänomenen schwerer expansibeler Flüssigkeiten, ist ganz neu hinzugekommen. In den vorigen Ausgaben waren die Lehren vom Drucke der Luft, der von ihrer Schwere und ihrer Elasticität abhängt, in der besondern Naturlehre, unter dem Abschnitte von der Luft, abgehandelt worden; allein die Gesetze des Druckes und Gleichgewichts der atmosphärischen Luft kommen allen schweren expansibeln Flüssigkeiten, allen Gasarten und Dämpfen, zu. Sie gehören also in die allgemeine Naturlehre, indem man das Wort: „Luft“ hier im generischen Sinne nehmen kann. Der Abschnitt von der Luft fällt in der besondern Naturlehre nun weg; denn die Lehre von der Gasbildung im Allgemeinen, und von dem Einflusse der Wärme auf Elasticität der Luft, ist beym Wärmestoffe abgehandelt; die Untersuchungen über die specifische Na-

nach der einzelnen Grundarten aber sind zerstreuet bey der Betrachtung die ponderabelen einfachen Stoffe, die ihre respectiven Grundlagen ausmachen, im zweyten Theile aufgestellt worden. Ein System der Naturlehre soll ja kein Wörterbuch derselben seyn. Die Lehren vom Schalle und Tone, die sonst auch in der besondern Naturlehre, und zwar bey dem Artikel „Luft" standen, machen jetzt in der allgemeinen Naturlehre das siebente Hauptstück, das die Schwingungsbewegungen schallender und klingender Körper begreift. Die Luft ist nicht der einzige, ursprünglich schallende Körper, ob sie gleich ein gemeines Fortpflanzungsmittel des Schalles ist. Die eigenthümlichen Schwingungsbewegungen beym Schalle und Klange kommen allen contractilen und elastischen Körpern zu; sie gehören folglich für die allgemeine Naturlehre. Ich habe diesem Abschnitte das Wichtigste aus den vortrefflichen Chladni'schen Erfahrungen über die Schwingungsknoten und Klangfiguren einverleibt.

Der zweyte Theil, oder die besondere Naturlehre, hat im Ganzen noch beträchtlichere Veränderungen erlitten, als der erstere. Er ist bloß der Untersuchung der specifisch verschiedenen einfachen Stoffe und ihrer Verhältnisse unter einander gewidmet. Der erste Abschnitt handelt vom Wärmestoffe. Er

hat durchaus beträchtliche Zusätze und nähere Bestimmungen erhalten. Ich habe es nicht für nöthig geachtet, auf das, was Herr Scherer neuerlich gegen das Daseyn eines materiellen Wärmestoffes vorgebracht hat, Rücksicht zu nehmen. Ein gewisser Grad von Skepticismus ist zwar der Wissenschaft vortheilhaft; aber der Pyrrhonismus ist der Tod aller wahren Naturforschung. Das zweyte Hauptstück begreift das Licht. Die photometrischen Untersuchungen des Herrn Grafen von Rumford, die neuen Entdeckungen in der Anatomie des Auges, sind gehörigen Orts eingeschaltet, und die Gründe, worauf die Einrichtung achromatischer Fernröhre beruhet, mehr entwickelt worden. Ganz neu sind die nähern Untersuchungen über die Mischung und Entwickelung des Lichts und seine Verbindung mit Wärmestoff. Bey unpartheyischen und wahrheitsliebenden Forschern, die auf die Sache und nicht auf Namen sehen, brauche ich mich wohl nicht zu entschuldigen, daß ich nach Herrn Richter hier noch den Namen „Brennstoff" brauche. Diejenigen aber, welche Namen und Sache als altfränkisch und deshalb verwerfen, weil es neufränkische Chemisten von Ansehen thun, werden sich vielleicht beruhigen, wenn ich ihnen sage, daß das System, welches ich befolge, noch neuer ist, als das neufränkische. Im dritten Hauptstücke sind die schweren einfachen Stof-

se, ihre Verbindungen und wechselseitigen Verhältnisse abgehandelt. Dieser Abschnitt enthält die ganze physische Chemie. Ich eröffne die Untersuchungen darüber mit der Lehre vom Verbrennen, und setze dadurch diesen Abschnitt mit den vorigen in genauen Zusammenhang. Das vorige System der Chemie habe ich ganz aufgegeben; man wird jetzt alle Thatsachen des antiphlogistischen Systems zum Grunde gelegt finden, dessen Lücken aber durch die Lehre vom Brennstoffe ergänzt sind. Das vierte Hauptstück, von der electrischen Materie, ist ganz umgearbeitet. Die Gründe, welche ich §. 1315. (1201.) angeführt habe, haben mich für das Franklinische System bestimmt, das ich in den vorigen Ausgaben nur kurz berührt hatte. Indessen habe ich die Erklärungen aller hauptsächlichen Phänomene der Electricität auch nach dem dualistischen Systeme vollständig mitgetheilt. Die Erscheinungen der sogenannten thierischen Electricität habe ich jetzt so umständlich vorgetragen, als es der Zweck des Buchs erlaubte. Sie sind nunmehr durch die scharfsinnigen Untersuchungen des Herrn Volta, wie ich glaube, völlig aufgeklärt, und für die Lehre von der Electricität kein geringer Zuwachs. Meine Theorie über die Natur und das Wesen der electrischen Materie empfehle ich den Kennern vorzüglich zur Prüfung und nähern Beurtheilung; ich bitte aber dabey auf den Zusammen-

hang desselben mit der Theorie von der Natur des Lichts im zweyten Abschnitte die nöthige Rücksicht zu nehmen. Im fünften Hauptstücke, von der magnetischen Materie, sind die seit der letztern Ausgabe mir bekannt gewordenen neuen Entdeckungen nachgetragen; dagegen ist keine Theorie des Magnetismus beygefügt worden, weil jede bekannte unzulänglich ist, und jede neue hinzugekommene Thatsache jede vorige Theorie bisher umgestoßen hat.

Man wird den letzten Abschnitt der vorigen Ausgaben in dieser ganz vermissen *); allein ich habe mir vorgenommen, in einem besondern Bande die specielle Betrachtung unseres Erdkörpers in astronomischer, geologischer und meteorologischer Beziehung näher abzuhandeln. Bey den Fortschritten, welche die Experimentalwissenschaften glücklicherweise machen, wird ihr Umfang immer größer; aber es darf der Wissenschaft wohl nicht zum Vorwurfe gereichen, daß zu ihrem, einiger Maßen vollständigen, Lehrvortrage der halbjährige Cursus nun nicht mehr hinreichend bleibt.

Uebrigens habe ich mich bemühet, in meinem Buche die Mittelstraße zwischen einem kurzen aphoristischen Vor-

*) Dieser Abschnitt ist dem Werke bereits bey der vierten, nach des Verfassers Tode von dem Herrn Ober-Bergrath Karsten besorgten Ausgabe wieder beygefügt worden.

Anm. des Herausg.

trage und einen ausführlichen Discours zu halten, die nöthigen Versuche mit Deutlichkeit zu beschreiben, die Erklärungen mit Bestimmtheit zu geben, und besonders die Gesetze, wornach die Wirkungen geschehen, herauszuheben. Da, wo der compendiarische Zweck des Buchs keine nähere Beschreibung der Werkzeuge und Versuche verstattete, habe ich die nöthigen litterärischen Nachweisungen gegeben. Ueberall wird man mein Bestreben, dem Werke mehrere Vollkommenheit zu verschaffen, bey Vergleichung mit der letztern Ausgabe wahrnehmen können. Halle, den 8. May 1797.

F. A. C. Gren.

Vor-

Vorrede

zur fünften Ausgabe.

Der gegenwärtige Herausgeber war mit der Verlagshandlung darüber einverstanden, daß dieses Werk auch in der neuen Ausgabe Gren's Physik bleiben müsse. Er hat sich daher seltener Umarbeitungen, als Zusätze und Bemerkungen erlaubt. Nur der mathematische Theil bedurfte fast durchgehends einer völligen Umarbeitung: denn ob sich gleich der treffliche Gren in den letzten Jahren seines Lebens mit dem rühmlichsten Eifer auf das nicht genug zu empfehlende Studium der Mathematik legte, so bemerkt man doch in seinen mathematischen Arbeiten, daß er sich die Strenge des mathematischen Vortrags noch nicht vollkommen angeeignet hatte. Der Herausgeber glaubt von dieser Seite der fünften Ausgabe einen sehr wesentlichen Vorzug vor den vorhergehenden ertheilt zu haben. Auch hat er nicht unterlassen, alle neuern Entdeckungen, so weit es zweckmäßig schien, gehörigen Orts hinzuzufügen. Damit übrigens der Leser bestimmt unterscheiden könne, was von dem Verfas-

ser und was von dem Herausgeber herrührt, so ist alles, was dem letztern zugehört, zu Anfang und zu Ende eines jeden Absatzes mit Allegationszeichen („ ") unterschieden worden. Bloß wo etwa einzelne Worte oder Wendungen im Contexte verändert oder zugesetzt worden, schien diese Auszeichnung unschicklich. Wo Stellen anderer Schriftsteller mit dergleichen Zeichen vorkommen, da dient der beystehende Name zu hinlänglicher Unterscheidung. Was der Herausgeber an einigen Stellen über die sogenannte metaphysische Behandlung gewisser Gegenstände der Naturlehre sagt, empfiehlt er der unbefangensten Beherzigung aller derer, denen Wahrheit und Wissenschaft am Herzen liegt. In der wissenschaftlichen Terminologie hat er sich wohl einige Abänderungen, aber keine Neuerungen erlaubt: denn wenn er statt der übel gebildeten Wörter Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff oder Salpeterstoff rc. lieber Oxygen, Hydrogen, Azot rc. sagt, so ist das offenbar nicht Neuerung. Es ist ohne Zweifel im wissenschaftlichen Vortrage besser, fremde Wörter zu brauchen, als logisch oder grammatisch unrichtig gebildete deutsche: nicht jene, wohl aber diese, verderben den Geist der Sprache. Berlin, den 16. Jul. 1807.

E. G. Fischer.

Vorrede

zur sechsten Auflage.

Mangel an Zeit verhinderte Herrn Professor Fischer, sich der Bearbeitung der vorliegenden sechsten Auflage des seit einer Reihe von Jahren mit unzweydeutigem Beyfall aufgenommenen Gren'schen Grundrisses der Naturlehre zu unterziehen; der Unterzeichnete, von dem Verleger ersucht, die Herausgabe dieser neuen Ausgabe zu besorgen, würde es nicht gewagt haben, einem so berühmten Vorgänger in demselben Unternehmen zu folgen, wenn letzterer nicht die Wahl des Verlegers vollkommen genehmigt, und den gegenwärtigen Herausgeber dazu aufgemuntert hätte. Im Vertrauen also, zunächst auf die Nachsicht meines berühmten Vorgängers und zugleich auf jene der Freunde des Gren'schen Unterrichts in der Naturlehre, habe ich es theils versucht, dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft gemäß, hinzuzufügen, was dieselbe seit 1807 durch bestätigte Entdeckungen und Erfindungen gewonnen hat, theils

(durch Umarbeitung und Erweiterung einzelner Hauptstücke, insbesondere des dritten) anzudeuten, was, meiner Ueberzeugung gemäß, der unvergeßliche Gren der gegenwärtigen Auflage zum mindesten beygefügt haben würde, wenn er seinen Schülern und der Wissenschaft nicht fast um ein Viertel Jahrhundert zu früh entrissen worden wäre. Um den Leser in den Stand zu setzen, die eben so gründlichen als gehaltreichen Verbesserungen und Zusätze des Herausgebers der fünften Auflage auch in der gegenwärtigen Ausgabe leicht wieder zu finden, habe ich dieselben mit einem „F." unterzeichnet, während mehrere (durch die Schuld des Setzers nicht alle) meiner versuchten Erweiterungen und Umänderungen durch „Kr." bezeichnet worden sind.

Möchten die Leser der letzteren finden, daß es des Unterzeichneten ernster Wille war, dem Muster seiner würdigen Vorgänger mit ernstem, nur der Wissenschaft gewidmetem Eifer nachzustreben, und möchte Gren's Unterweisung auch in dieser Form dazu beytragen, die Zahl derer zu mehren, die selbstforschend sich der Natur erfreuen, und die nur in der gründlicheren Erkenntniß der Naturgesetze das finden, wonach sie strebten.

Bonn, im Februar 1820.

Kastner.

Grund-

Grundriß der Naturlehre.

Einleitung.

§. 1.

Natur heißt der Inbegriff der Kräfte eines Dinges.

Rob. *Boyle* tr. de ipsa natura, sive libera in receptam naturae notionem disquisitio. Genev. 1688. 4. und in der lateinischen Uebersetzung seiner Operum, ebend.

Sonst versteht man auch unter dem Worte Natur die erste Grundursach der Erscheinungen in der Welt, oder die hervorbringende Ursach der Dinge und ihrer Wirkungen; und darauf beziehen sich die Ausdrücke: die Natur bringt hervor, die Natur thut dieß und jenes, u. s. w. Dieß war die *Natura naturans* der Scholastiker. Ferner braucht man das Wort, Natur, auch für den Inbegriff aller materiellen Dinge, oder gleichbedeutend mit dem Worte Welt: und darauf beziehen sich die Redensarten: Man trifft in der ganzen Natur dieß und das nicht an, u. a. m. In diesem Sinne ist es die *Natura naturata* der Scholastiker.

„Im letztgedachten Sinne ist die Natur die in nothwendiger und gesetzmäßiger, überschaubarer Folge wirkende Sinnen- oder Außenwelt, und entgegengesetzt der willkührliche Veränderungen im Gefolge habenden, geistigen Innenwelt des Menschen." Kr.

Natürlich, künstlich, unnatürlich (praeter naturam), widernatürlich (contra naturam), und wunderbar. Bedeutung und Unterschied dieser Worte.

„Natürlich heißt ein Ereigniß so fern es den nothwendigen Zusammenhang von Ursach und Wirkung erkennen läßt, wunderbar hingegen wenn solche Erkenntniß unmöglich ist." Kr.

§. 2. Kraft nennen wir jede Ursach der Veränderung des Zustandes eines Dinges oder der Dinge.

„Unter Zustand versteht man im Allgemeinen — die jeweilige oder zeitige (gegebene) Beschaffenheit eines Dinges; im Besonderen — das Verhältniß eines Dinges zu seiner Raumerfüllung, oder die Art, wie es den Raum erfüllt, ob sich selber Grenze setzend (sich selber begrenzend) wie bei den Eigengestalten der starren oder festen Dinge, oder ob an sich unbegrenzt und nur durch Außengewalt (Druck) zur Begrenzung gelangend, wie bei den Ausdehnsamflüssigen (Lüfte, Gase, Dämpfe), oder ob theils durch eigene Innenkraft, theils durch Druck von Außen zur bestimmten Bewegung kommend, wie bei den Tropfbaren, oder endlich, ob durch Verbindung von je zwei dieser Raumerfüllungsarten bestehend, wie bei den Dunstbläschen, deren Hülle tropfbar und deren Inhalt ausdehnsam ist, und beim Rauch, dessen Inhalt starr und dessen Hülle (Atmosphäre) ausdehnsam, aber durch Gegenwirkung des Inhalts (Anziehung desselben) verdichtet und nicht freibeweglich ist" Kr."

„Der Ausdruck Ding ist hier gleichbedeutend mit: im Raume wirkendes (ihn erfüllendes) Naturwesen. K."

§. 3. Für uns ist keine andere Veränderung des Zustandes der Dinge gedenkbar, als die ihr räumliches Verhältniß betrifft: folglich sind Kräfte Ursachen der Aenderung des räumlichen Verhältnisses der Dinge, entweder unter einander oder in ihren Theilen; oder mit andern Worten, Kraft ist, was Bewegung hervorbringt, oder hemmt.

§. 4. Naturwissenschaft oder Naturlehre (Physica), im weitläufigsten Sinnne des Worts, ist demnach die Wissenschaft von den Ursachen der Veränderung des Zustandes der Dinge. Wir schränken sie indessen nur auf Gegenstände der äußern Sinne, oder auf materielle Dinge ein.

§. 5. Wir nennen die Veränderungen, die sich in Ansehung des Zustandes der Dinge der Sinnenwelt zutragen, Naturbegebenheiten oder Erscheinungen (Phaenomena). Die Ursachen derselben aufzusuchen und anzugeben, ist eben der Zweck der Naturlehre (§. 4.)

§. 6. **Diese rationelle Naturlehre** setzt die historische voraus, welche die Aufzählung der Gegenstände der Sinnenwelt zum Zweck hat, die wesentlichen Kennzeichen, durch welche sich die natürlichen Körper von einander unterscheiden, angiebt, und sich mit ihrer systematischen Classification beschäftigt. Man nennt die letztere, **Naturgeschichte**, (Historia naturalis), und unterscheidet sie noch von der **Geschichte der Natur**, welche die Veränderungen, die unsere Sinnenwelt erlitten hat, erzählt, wovon wir aber nur Bruchstücke besitzen.

Man schränkt, wegen des weitläufigen Umfanges, die Naturlehre nur auf die sogenannte todte Natur ein, mit Ausschluß der Phänomene des Lebens organischer Körper, die man in der Physiologie abhandelt.

„Unter todter Natur versteht man die nur gegenthätige oder abhängigthätige, die sich aus eigenem Vermögen nicht zu ändern vermag, unter lebender hingegen die selbstthätige, nicht nur durch äußere Gegenthätigkeit, sondern auch durch innern Trieb zu Veränderungen gelangende. Kr."

§. 7. Die Naturlehre erklärt die Naturbegebenheiten (§. 5.), wenn sie die Ursachen derselben angiebt.

§. 8. Bey diesen Entwickelungen der Ursachen von den Naturbegebenheiten kommt sie endlich auf solche zurück, die nicht mehr ein Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmung sind, und die daher außer den Gränzen unserer Erkenntniß liegen. Sie muß bey diesen Ursachen, als **Grundkräften**, stehen bleiben, wozu sie die Schranken unserer Erfahrungserkenntniß berechtigen. Von diesen letzten Ursachen kennen wir nur die Wirkungen, nicht die wirkende Ursach an sich. Alle Speculationen und alles Dogmatisiren über diese letzten Grundursachen hat die Wissenschaft nicht im mindesten gefördert; und wenn es auch gleich möglich, und sogar auch wahrscheinlich seyn mag, daß die, welche wir für Grundursachen halten, noch zusammengesetzt seyn können, so müssen wir uns doch bey ihnen beruhigen, so lange uns zu ihrer Zergliederung alle Erfahrung verläßt.

Das Aufsteigen des Wassers in dem Stiefel der Saugpumpe ist eine Naturbegebenheit (nach §. 5.). Sie wird erklärt durch den Druck der

Luft: denn in diesem liegt der zureichende Grund der Veränderung. Die Luft selbst aber drückt durch die Schwere ihrer Theile; und di Ursach dieser Schwere, oder die Schwerkraft, liegt außer den Gränzen unserer sinnlichen Wahrnehmung. Wir bleiben daher bey ihr, al einer Grundursach oder einer Grundkraft stehen, deren Wirkung wi nur erfahren, die wir aber an sich selbst nicht erkennen können.

§. 9. Alle Naturbegebenheiten geschehen nach gewissen und unabänderlichen Regeln in der Körperwelt, und di Wirkungen erfolgen immer auf einerley Art, wenn sich di Körper in einerley Umständen befinden. Die Bestimmungen dieses beständigen Erfolgs der Wirkungen bey Körpern unter einerley Umständen nennt man **Naturgesetze** (Leges naturae). Sie sind freilich nur Folgerungen *), welche wi aus den Wirkungen der Körper ziehen, oder Gesetze, welch wir in die Körperwelt eintragen. Nur die Wirkungen sin in der Natur; die Gesetze dazu legt unser Verstand hinein Die Kenntniß dieser Naturgesetze ist indessen für uns vo der größten Wichtigkeit und vom größten Nutzen. Sie ver schaffen uns eine allgemeinere Uebersicht der Phänomene bringen Einheit in unsere Vorstellungen, und belehren un von dem, was geschehen kann und wird, oder nicht wird wenn diese oder jene Umstände eintreten. Indessen mu man zugeben, daß, wenn man die Naturbegebenheiten au allgemeinere Naturgesetze zurückführt, das noch nicht die selben erklären (§. 7.) heißt, oder daß Kenntniß der Natur gesetze noch nicht Kenntniß aus Ursachen ist. Beyde thu aber auch einander keinen Eintrag, und es bleibt dem ohn geachtet wahr, daß die Kenntniß der Gesetze der Natu mehr werth ist, als Erklärungen aus Hypothesen, und da wir in sehr vielen Fällen besser thun, uns erst um diese Ge setze zu bekümmern, ehe wir es wagen dürfen, nach den Ur sachen zu forschen. Der Nutzen der Kenntniß der Natur gesetze fließt aus ihrer Allgemeinheit und Beständigkeit.

*) „Als Beispiel solcher Folgerung möge nachstehender aus d Mischungslehre entnommene Fall dienen. Wenn sich 4 Gewichtsthe leine eines Stoffes a mit 8 Gewichtstheilen des Stoffes b dergesta mischen, daß dadurch das gegenseitige Mischungsvermögen beider e schöpft wird (oder wenn 4 a von 8 b gesättigt werden) und von eine dritten Stoffe c 12 Theile erfordert werden, um 4 a zu sättigen, muß die mögliche Mischung von b mit c im Verhältniß von 8 zu 1

den Sättigungspunkt erreichen, oder so muß sich 8 b + 12 c sättigen. So giebt 1 Sauerstoff mit 0,125 Wasserstoff 1,125 „Wasser", 1 Sauerstoff mit 0,750 Kohlenstoff 1,750 „Kohlenoxyd" und wirklich geben 0,125 Wasserstoff mit 0,750 Kohlenstoff 875 „ölbildendes Gas", d. i. eine nur im angegebenen bestimmten Mischungsverhältnisse erzeugbare Kohlenwasserstoff-Verbindung. Kr."

Als Beyspiele zur Erläuterung dienen hier: die Zeit des Trächtigseyns der Thiere; das Gesetz der Brechung des Lichts, das Verhältniß, das hierbey zwischen dem Sinus des Einfallswinkels, und dem des gebrochenen Winkels Statt findet; das Gesetz des Falles der schweren Körper im leeren Mittel; das hydrostatische Gesetz; das Reflexionsgesetz; das Gesetz des Anziehens ungleichnamiger Pole des Magnets, des Abstoßens gleichnamiger Pole desselben, u. d. m.

Beyspiele des Nutzens für die Ausübung geben: die Anwendung des Gesetzes der Leitung der elektrischen Materie zu Gewitterableitern; die Anwendung der Kenntniß der Verwandtschaftsgesetze in der Chemie, u. a.

„Wenn der Verfasser nach Kant behauptet: der Verstand lege die Gesetze in die Natur hinein; deßgleichen: die Zurückführung eines Phänomens auf Naturgesetze sey noch keine Erklärung desselben; so sind dieß, gehörig bestimmt, sehr richtige Sätze. Aber wer sieht nicht ein, daß man in einem eben so richtigen Sinne auch gerade das Gegentheil behaupten könne? der Verstand könne und dürfe kein Gesetz in die Natur hineintragen, sondern müsse alle Naturgesetze nur aus den Erscheinungen entwickeln; deßgleichen: eine vollständige Kenntniß aller Naturgesetze, nach welchen eine Naturbegebenheit erfolgt, sey die vollständigste Erklärung derselben. Es kann hier nicht der Ort seyn, diesen Scheinwiderspruch aufzulösen; aber ich halte es für nützlich, den Leser auf das Schwankende aller metaphysischen Raisonnements aufmerksam zu machen. Die Methode, den Vortrag einer Wissenschaft mit ihrer Metaphysik anzufangen, kann wohl dienen, den Anfänger zu verwirren, aber nicht aufzuklären. F."

§. 10. Bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten erforscht die Naturlehre die Ursachen derselben, welche den Grund von jenen in sich enthalten, auf eine doppelte Weise, theils durch **Erfahrungen** (Experientia), theils durch **Folgerungen und Vernunftschlüsse** (Ratiocinio), die sie aus den Erfahrungen zieht.

§. 11. Erfahrungen (§. 10.) heißen die Wahrnehmungen der Veränderungen an den Materien unserer Welt durch unsere Sinne. Wir lassen hiebei die Dinge entweder in dem Zustande, worin sie sich ohne unser Zuthun befinden, und dann heißt die Erfahrung eine **Beobachtung** oder **Bemerkung** (Observatio); oder wir verändern de-

ben vorsätzlich ihren Zustand, und lassen sie bey veränderten Umständen andere Wirkungen äußern, die sie für sich selbst nicht hervorgebracht haben würden; in diesem Falle nennt man die Erfahrung einen **Versuch** (Experimentum).

§. 12. Durch Versuche lernen wir Wirkungen und Kräfte der Dinge kennen, die wir durch bloße Beobachtungen vielleicht nie würden wahrgenommen haben, und dringen durch sie tiefer in die Natur der Körperwelt ein. Sie verleiten aber auch, zumal wenn sie sehr verwickelt sind, viel leichter zu Irrthümern, als bloße Beobachtungen. Mangel an Beobachtungen macht Versuche nothwendig; aber die Versuche müssen auch auf Beobachtungen zurückführen, wenn sie alle Phänomene unter einander verbinden, und die allgemeinsten Ursachen entwickeln sollen. Bey manchen Dingen ist die Erfahrung durch Versuche unmöglich.

§. 13. Die Mittel, durch welche wir Erfahrungen anstellen, und die Veränderungen mit den Sinnen wahrnehmen, oder der Unvollkommenheit unserer Sinne zu Hülfe kommen, heißen **Werkzeuge, Instrumente**. Man begreift sie zusammen unter dem Namen des **physischen Apparats** (Supellex physica). Einfachheit, Genauigkeit und Reinlichkeit sind nothwendige Erfordernisse derselben.

§. 14. Zur Anstellung der Erfahrung wird eine gute Beschaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne (wenn sie Statt haben kann), Aufmerksamkeit auf alle Umstände, um nichts zu übersehen, strenge Genauigkeit, Vorsicht, Freyheit von Vorurtheil, Unpartheylichkeit, und endlich Vollkommenheit der Werkzeuge erfordert. Die Abänderung der Versuche ist von dem größten Nutzen, und schützt uns desto sicherer vor Irrthümern.

§. 15. Bloße Erfahrungen können keinen Nutzen haben, wenn nicht Folgerungen und Schlüsse auf die Natur des untersuchten oder wahrgenommenen Gegenstandes daraus hergeleitet werden können. Der **Naturforscher** muß daher auch aus den Erfahrungen, die über die Dinge ange-

stellt worden sind, durch richtige Schlüsse die Natur der Körper bestimmen, und die Ursachen der Naturbegebenheiten entwickeln; dann aber auch seine Folgerungen durch Versuche und Beobachtungen, auch unter abgeänderten Umständen, zu bestätigen suchen. Er muß zuerst die Kräfte der Stoffe analytisch erforschen, und dann aus ihrer Verbindung unter einander synthetisch die Folgerungen machen, die zur Erklärung der Veränderungen und der Naturbegebenheiten dienen. Er verdient den Namen eines Naturphilosophen, wenn er bey den Erklärungen der mannigfaltigen Naturbegebenheiten sie bis auf die letzten Grundursachen zurückführen kann.

Franc. Bac. de Verulamio de interpretatione naturae; in seinen *Operibus*, Lipf. 1694 *fol.* S. 264 ff. *Torb. Bergmann* de indagando vero; in seinen *Opusc. phys.-chemic. Vol.* I. Holm. et Lipf. 1779. 8. im Introitu, *J. Sennebier* l'art d'obſerver à Génève 1775. T. I. II. Die Kunst, zu beobachten, von J. Sennebier, a. d. Fr. von Gmelin. Leipz. 1776. T. I. II. 8. *Carrard* art d'obſerver, à Amſterdam 1777. 8.

„J. F. A. Göttling Elementarbuch der chem. Experimentirkunst. I-II. Th. Jena 1808—1809. 8. J. F. John Chem. Laboratorium, oder Anweis. z. chem. Analyse der Naturalien. Berlin 1808. gr. 8. L. J. Thenard Anleit zur chem. Analyse ꝛc. A. d. Französ. von Dr. J. B. Trommsdorff. Erfurt 1817. 8. Dr. A. S. Schulze Montanus die Reagentien und deren Anwendung ꝛc. 2te Aufl. Berlin 1818. 12. C. W. G. Kastner Einleitung in die neuere Chemie. Halle und Berlin 1814. 8. Kr."

§. 16. Die Erklärungen, die weder auf Erfahrungen, noch auf richtigen Vernunftschlüssen beruhen, dürfen schlechterdings nicht Statt finden. Da wir aber bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten nicht immer die wirkenden Ursachen sinnlich wahrnehmen und untersuchen können, so nöthigt uns in diesem Falle die Befriedigung des Bedürfnisses unseres Geistes, eine Ursache im Voraus anzunehmen, aus der wir die beobachteten Wirkungen folgern. Diese Erklärungsart heißt die hypothetische, und ist der kategorischen entgegengesetzt, wo man auf sinnlich zu erweisende Ursachen zurückgeht.

„Man muß zwey Arten von Hypothesen unterscheiden, hypothetische Ursachen, und hypothetische Gesetze. Bey den Erscheinungen der voltaischen Säule kann ich annehmen, die Elektricität sey ihre Ursache;

dieß ist ein Beyspiel von der ersten Art. Bey der Untersuchung übe
die Schwere nahm Galilei an, daß sie stets gleichförmig wirke; die
war ein hypothetisches Gesetz. Ob eine angenommene Ursache di
wahre sey, kann nur ausgemittelt werden durch Beobachtung der Ge
setze, nach denen sie wirkt. Und so zeigt sich auch hier, was ma
nicht oft genug wiederholen kann, daß alle gründliche Naturkennt
niß nur auf die Kenntniß der Naturgesetze hinausläuft. F."

§. 17. Nur der Mißbrauch der Hypothesen ist ver werflich; der gehörige und kluge Gebrauch derselben ist of nützlich. Sie geben nicht selten Gelegenheit zu neuen un abgeänderten Versuchen, und bieten also Stoff zur Erwei terung unserer Kenntnisse und zur Erforschung der Eigen schaften der Körper dar; und es ist nicht zu leugnen, da sie selbst zur Erfindung der Wahrheit und zur Vervoll kommnung der Naturlehre beygetragen haben. Nur mu man bey der hypothetischen Erklärungsart eingestehen, da sie nichts weiter, als hypothetisch ist.

§. 18. Eine Hypothese muß, wenn sie zur Erklä rung zugelassen werden soll, auf Versuchen oder Beobach tungen beruhen, zur vollständigen und ungezwungenen Er klärung der Naturbegebenheiten hinreichen, und keinem an dern ausgemachten und allgemeinen Naturgesetze widerspre chen. Diese Eigenschaften bestimmen ihre Wahrscheinlich keit, und diese steigt bis zur höchsten Stufe, wenn alle un jede Folgerungen daraus hergeleitet und die Unmöglichkei einer jeden andern Voraussetzung dargethan werden kann Die analogischen Erklärungen sind oft nützlich, aber seh leicht trügerisch, und also nur mit der größten Vorsicht an zuwenden.

§. 19. Bey den Erklärungen sind folgende Regeln (*Regulae Newtonianae*) zu beobachten. 1) Keine andern Ursachen sind für wahr zu halten, als welche zur un gezwungensten, einfachsten und verständlichsten Er klärung einer Naturbegebenheit nothwendig und hin reichend sind. Die Ursachen aber sind wahr, a) wenn si sinnlich in der Natur zu erweisen sind, und es ausgemach ist, daß sie bey der beobachteten Naturbegebenheit zugegen waren, alle andern Ursachen aber dabey offenbar ausgeschlos

sen werden; b) wenn das Phänomen nicht bloß möglicher Weise, sondern offenbar daraus fließt; c) wenn unter abgeänderten Umständen eben dieselbe Ursach auch dieselben Phänomene hervorbringt; und d) endlich, wenn bey der Wegnahme der Ursach das Phänomen wegfällt.

Erläuterung durch das Beyspiel vom Aufsteigen des Wassers vermittelst des Drucks der Luft in Saugpumpen. *Petr. v. Muschenbroek* introd. ad philos. nat. I. B. 1761. 4. §. XXXI.

§. 20. 2) **Wirkungen von einerley Art müssen auch einerley Ursach zugeschrieben werden.** Hierbey muß man sich aber hüten, von der Aehnlichkeit und der Uebereinstimmung gewisser Umstände verschiedener Phänomene auf die Identität ihrer Ursach zu schließen; und oft hält es schwer, das Zufällige, was die Aehnlichkeit macht, von dem Wesentlichen zu unterscheiden.

Muschenbroek a. a. O. §. XXXIV.

§. 21. 3) **Die Eigenschaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig sind, und die man bey allen Körpern, mit denen man Versuche anstellen kann, antrifft, sind für allgemeine Eigenschaften der Körper zu halten.**

Muschenbroek a. a. O. §. XXXV.

§. 22. 4) **Die aus den Phänomenen durch Induction gesammelten Sätze müssen wir, ohngeachtet der entgegenstehenden Hypothesen, für völlig wahr, oder sehr nahe für wahr halten, bis wir auf andere Phänomene treffen, durch die sie entweder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden.**

Muschenbroek a. a. O. §. XXXVI.
Isaac Newton Philosoph. natural. princip. mathem. L. III.

§. 23. Zur philosophischen Erklärung der natürlichen Begebenheiten und Wirkungen der Materie wird außer der nöthigen historischen Kenntniß der Körper erfordert, daß man die ungleichartigen Bestandtheile der Körper, und die einfachen Stoffe überhaupt, die Art und Weise ihrer Vereinigung und ihre Verhältnisse unter einander kenne, und dann endlich, daß man die Größe ihrer Kraft gehörig

ermessen könne. Die Naturgeschichte (oder richtiger Naturbeschreibung) die Chemie und die Mathematik werden also die Grundlage, auf welche man das Gebäude der philosophischen Naturlehre errichten muß.

§. 24. Auf diese Art wird dann die Naturlehre, so unvollkommen sie auch noch ist, zu der nützlichsten Wissenschaft erhoben, die unserm Verstande Nahrung, und unserm physischen Zustande Vortheil verschaffen kann. Sie giebt die unverkennbarsten Fingerzeige von dem Daseyn eines allmächtigen, weisen und gütigen Wesens, reißt uns unwiderstehlich zur Bewunderung desselben hin, und erhöhet unsern Glauben an dasselbe; sie macht uns näher mit uns selbst bekannt; sie lehrt uns die Körper kennen, deren wir uns täglich zu unserm Unterhalte bedienen; sie zeigt uns den Nutzen mehrerer für unsere Gesundheit, und lehrt uns den Nachtheil anderer für uns gehörig meiden; sie giebt Mittel an die Hand, die natürlichen Dinge zur Nothdurft und Bequemlichkeit des Lebens anzuwenden; sie unterhält uns auf die angenehmste Weise, und schafft Vergnügen; sie zerstört am kräftigsten die Fesseln des Aberglaubens, schützt uns vor schädlichen Folgen desselben; und endlich, (was kein unbeträchtlicher Nutzen ist!) sie führt uns eben so zur Demuth und Bescheidenheit, und zeigt uns, daß unser Wissen höchst eingeschränkt ist, wie sie uns zur weitern Anstrengung unserer Verstandeskräfte immer mehr und mehr ermuntert, und Gelegenheit dazu darbietet.

§. 25. Da die Naturlehre eine gemischte Wissenschaft ist, so darf ihr Lehrvortrag sich nicht bloß auf speculative Betrachtungen einschränken, sondern er muß intuitive Kenntnisse ertheilen, die Lehrsätze aus Erfahrung herleiten und durch Versuche beweisen. Die richtige Verbindung der empirischen mit der speculativen oder theoretischen Physik macht erst das Lehrgebäude vollständig. Am nützlichsten scheint mir die Methode, nach welcher man bey dem Vortrage die Theorie mit den Versuchen verwebt.

§. 26.

Geschichte der Naturwissenschaft.

Spuren physikalischer Wissenschaften bey den Völkern des höchsten Alterthums, den Hindus, den Babyloniern oder Chaldäern, Persern und Aegyptern. — Data, als Beweise der wissenschaftlichen physikalischen Kenntnisse eines Volkes der Urwelt. Verfall dieser Kenntnisse bey den vorgenannten Völkern.

Wenige Fortschritte der Naturlehre bey den Griechen, und Hindernisse derselben durch übertriebene Erklärungssucht und Speculation, und Mangel an Experimentaluntersuchungen. Thales (um das J. d. W. 3400), Pythagoras (3475), Democritus (3500), Plato (3638), Aristoteles (3664) und die Peripatetiker, Epikur (3900). Stiftung der Schule zu Alexandrien. Große Vervollkommnung der Mathematik und Astronomie bey den Griechen in dieser Schule: Euklides (300 J. vor C. G.), Hipparchus (160 J. vor C. G.), Ptolomäus (im 2. Jahrh. nach C. G.); Archimedes zu Syracus (250 J. vor C. G.)

Geringer Fortgang der wissenschaftlichen Naturlehre bey den Römern. Lucrez (im 1. Jahrh. vor C. G.), Seneca und Plinius der ältere (im 1. Jahrh. nach C. G.).

Verfall der Naturlehre und der Weltweisheit überhaupt beym wachsenden Verfall des römischen Reichs. Kabbalistische und gnostische Philosophie. Neuplatonische Philosophie. Mystik. Alchemie.

Erhaltung und Bearbeitung mathematischer, astronomischer und chemischer Kenntnisse bey den Arabern (vom 9. Jahrh. nach C. G. an).

Traurige Beschaffenheit der Naturwissenschaft in den abendländischen Reichen, vom Einfall der kriegerischen nördlichen Völker ins römische Reich im 5. Jahrh. nach C. G. bis zur allmäligen Wiederherstellung der Wissenschaften im 15. Jahrhundert. Scholastische Philosophie. Einige

wichtige practische Entdeckungen dieses Zeitraums, de Compasses, der Brillen, des Schießpulvers. Fort schritte einzelner mechanischen Künste und Operationen Albrecht der Große (im 13. Jahrh.), Flavio Gioja (im 14. Jahrh.)

Ursprung der Experimental-Physik. Schleunig Fortschritte der wissenschaftlichen Kenntniß der Naturlehre Nicol. Copernicus (geb. 1472, gest. 1543); Tycho d Brahe (geb. 1546, gest. 1601); Franz Baco von Ve rulam (geb. 1560, gest. 1626); Galileo Galilei (geb 1564, gest. 1641); Joh. Kepler (geb. 1571, gest. 1630) Peter Gassendi (geb. 1592, gest. 1655); Willebrord Snellius (geb. 1591, gest. 1626); Renat des Carte (geb. 1596, gest. 1650); Evangelista Torricelli (geb 1618, gest. 1647); Otto von Guerike (geb. 1602 gest. 1686); Rob. Boyle (geb. 1626, gest. 1691) Gottfr. Wilh. Leibnitz (geb. 1646, gest. 1716); Isaa Newton (geb. 1642, gest. 1727).

Neuerer Zeitraum. „Torbern Bergmann (geb. 1735 gest. 1784); Carl Wilh. Scheele (geb. 1742, gest. 1786) Joh. Priestley (gest. 1804); Ann. Lorenz Lavoisie (geb. 1743, gest. 1794); Jos. Blak (gest. 1799); Aloy Galvani (gest. 1788); F. A. C. Gren (geb. d. 1. Ma 1760, gest. d. 26. Nov. 1798); Lichtenberg (gest. 1799) J. B. Richter (gest. 1808); J. W. Ritter (gest. 1810) Cavendish (gest 1812); M. H. Klaproth (geb. 1743 gest. 1817.) Kr." Erweiterung der Lehre von der Elek tricität. Entdeckung des Galvanismus. Fortschritt der Naturlehre durch Vervollkommnung der Chemie. Ent deckungen in der Lehre von der Luft und den expansible Flüssigkeiten. „Reduction der Alkalien und Erden. Ent deckung der Jode und Vergleichung mit dem Chlorin. Kr. Verdienste der Neuern; herrschende Mängel; Hindernisse die ihren Fortschritten entgegen sind.

Es fehlt uns noch eine ausführliche und zusammen hängende Geschichte der Naturwissenschaft. Da

Werk des Herrn *de Loys: Abrégé chronologique pour servir à l'histoire de Physique.* à Strasbourg, T. I—IV. 1786—89. 8. fängt erst mit Galilei vom Jahr 1589 an; die Ordnung desselben ist nicht musterhaft, und die nöthige Kritik wird oft vermißt.

§. 27.
Verzeichniß einiger physikalischen Schriften.

1) Systeme und Lehrbücher.

1) *Isaac Newtoni* philosophiae naturalis principia mathematica. London 1687. 4. 1726. 4.

Eadem perpetuis commentariis illustrata, studio PP. *Thomae le Sueur* et *Franc. Jacquier.* T. I—IV. Genevae 1739. 4. 1750. 4.

Eadem commentationibus illustrata potissimum *Joannis Tessanek* et quibusdam in locis veterioribus *Th. le Sueur* et *Fr. Jacquier* aliter propositis. T. I. Pragae 1780. 4.

2) Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, auct. *Guil. Jac. s'Gravesande.* Leidae 1719. 4. 1744. T. I. II. 4. ed. III.

3) Christ. Wolfs Versuch zu genauerer Kenntniß der Natur und Kunst. Halle 1721—1727. Bd. I—III. 8.

4) *Petr. van Muschenbroek* introductio ad philosophiam naturalem. Lugdun. Batav. 1762. T. I. II. gr. 4.

5) Leçons de Physique experimentale, par Mr. l'Abbé *Nollet*, à Paris 1743. u. f. T. I—VI. 8.

Des Herrn Abts J. A. Nollet Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre. Aus d. Franz. Erf. 1749—1764. Th. 1—6. 8.

6) Joh. Andr. Segners Einleitung in die Naturlehre. Göttingen 1746. 8. 1754. 8. 1770. 8.

7) Praelectiones in Physicam theoreticam, conscriptae a *Georg. Wolfg. Krafft.* Tubing. 1750. 8. — in Physicae partes mechanicas, P. II. 1751. 8. — in Physicae partes opticas et his cognatas, P. III. 1754. 8.

8) Joh. Pet. Eberhards erste Gründe der Naturlehre. Halle 1752. 5te Auflage, 1787. 8.

9) Compendiaria Physicae institutio, quam in usum auditorum elucubratus est P. *Mako.* Vindobonae 1762. P. I. II. 8.

10) Institutionum Physicae pars I. seu Physica generalis, conscripta in usum tironum a *Carolo Scherffer.* Vindobonae 1765. P. II. seu Physica particularis, ibid. eod. 8.

11) Leçons de Physique expérimentale, par M. *Sigaud de la Fond.* à Paris 1767. T. I. II. 12.

Anweisung zur Experimentalphysik, a. d. Fr. des Hrn. Sigaud de la Fond. Dresden 1774. Th. I. II. gr. 8.

Eben desselben Elémens de physique théorique et expérimentale. à Paris 1777. T. I—IV. 8.

12) Anfangsgründe der Naturlehre, von Joh. Christ. Polyk. Erxleben. Göttingen 1772. 8. Mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg, 1784. 8. 1787. 8. 1791. 8. 1794. 8.

13) Wenzesl. Joh. Gustav Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. Zweyte Auflage von F. A. C. Gren, Halle 1790. 8.

14) Eben desselben Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur. Halle 1783. 8.

15) Eben desselben kurzer Entwurf der Naturwissenschaft. Halle 1785. 8.

16) *T. G. Kratzensteins* Vorlesungen über die Experimentalphysik. 6. Auflage. Kopenhagen 1787. 8.

17) Elémens de Physique en forme de Tables, par *M. Schurer.* à Strasburg 1786. 8. T. I.

18) *J. H. van Swinden* positiones physicae. Harderovici, T. I. 1786. T. II. 1787. gr. 8.

19) Grundlage zu meinen Vorlesungen über die Experimentalphysik, von Markus Herz. Berlin 1787. 8.

20) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, von Immanuel Kant. 2te Auflage. Riga 1787. 8.

21) William Nicholson's Einleitung in die Naturlehre. Aus dem Englischen mit Zusätzen und Anmerk. von A. F. Lüdicke. Bd. I. II. Leipzig 1787.

22) Grundriß des mathematischen und chemisch-mineralogischen Theils der Naturlehre, von Joh. Phil. Hobert. Berlin 1789. 8.

23) Georg Simon Klügels Anfangsgründe der Naturlehre, in Verbindung mit der Chemie und Mineralogie. 2te Auflage. Berlin und Stettin 1806. 8. und in dessen Encyclopädie, Th. II. 3te Auflage, Berlin und Stettin 1806. 8.

24) Vorlesungen über die Experimentalphysik, von F. C. Achard. Th. I——IV. Berlin 1791.

25) Vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen jungen Herrn von Stande, von

charl Hube. 3 Bände. Leipzig 1793—94. 8. Neue, vermehrte Auflage. Leipzig 1801. 4 Bände. 8.

26) Compendium institutionum physicarum in usum auditorum conscripsit *Matthaeus Pankl.* Posonii 1793. P. I. II. III. 8.

27) Grundriß der öffentlichen Vorlesungen über die Experimentalnaturlehre, von P. Maximus Imhoff. München, Th. I. 1794. Th. II. 1795. 8.

28) Ad. Wilh. Hauchs Anfangsgründe der Naturlehre, a. d. Dänischen übersetzt von Joh. Clem. Tode. Kopenhagen und Leipzig. Th. I. II. 1795. 8.

29) R. Sullivans Uebersicht der Natur, in Briefen an einen Reisenden. Aus d. Engl. mit einigen Anmerkungen. Leipzig, B. I. 1795. B. II. 1796. B. III. 1797. 8.

30) Lehrbuch der Naturlehre, von Jul. Conr. Yelin. B. I. Ansbach 1796. 8.

31) J. C. Fischers Anfangsgründe der Physik. Jena 1797. 8.

32) G. Adams Vorlesungen über die Experimental-Physik, a. d. Engl. übers. v. Geißler. Leipzig 1798—99. 2 Thle. 8.

33) J. T. Mayers Anfangsgründe der Naturlehre Göttingen 1801 2 Th. 8. 5te Aufl. 1812. 8.

34) J. B. Haüy Anfangsgründe der Physik, a. d. Fr. übers. v. Weiß. Leipzig 1804—5. 2 Th. 8.

35) E. G. Fischers Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berlin 1806. 8.

36) Tib. Cavallo Handbuch der Experimental-Naturlehre, a. d. Engl. übers. v. Trommsdorff. Erfurt 1806. 4 Bände. 8.

37) „J. G. F. Schrader's Grundr. d. Experimental-Naturlehre rc. 2te von L. W. Gilbert besorgte Aufl. Hamburg 1804. gr. 8.

38) *J. P. Neumann* Compendiaria Physicae institutio etc. Graecii 1808. 8.

39) Fr. Hildebrandt's Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlangen 1807. gr. 8.

40) L. A. Jungnitz Gründr. d. Naturlehre rc. B. I—II. Breslau 1804. 8.

41) C. W. G. Kastner's Grundr. der Experimentalphysik. Heidelberg 1810. 8.

42) G. G. Schmidt's Handbuch der Naturlehre. 2te Auflage. Gießen 1813. 8.

43) J. J. Fries System der theoret. Physik. Heidelberg 1812. 8.

44) G. F. Parrot's Grundr. der theoret. Physik Dorpat 1811.

45) *G. F. Biot:* Traité de Physique expérimentale et mathematique. T. I—IV. Paris 1816. 8. übersetzt von Fr. Wolf. Berlin 1819.

46) B. Scholz, Anfangsgr. der Physik. Wien 1816.
47) F. Kries, Lehrbuch der Physik. 2te Aufl. Jena 1816. 8.
48) J. B. Trommsdorff's Grundr. der Physik. Gotha 1817. 8.
49) J. P. Neumann's Lehrbuch der Physik. B. I. Wien 1818. gr. 8.
Kr."

2) Wörterbücher.

1) Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre in alphabetischer Ordnung, von Joh. Sam. Traugott Gehler. Th. I. Leipz. 1787. Th. II. 1789. Th. III. 1790. Th. IV. 1791. Th. V. 1795. Th. VI. 1796. 8.
2) J. C. Fischers physikalisches Wörterbuch rc. Göttingen 1798—1805. 9 Bände. 8.

3) Vermischte Schriften.

1) *Franc. Bacon. de Verulamio* opera omnia, opera *Simon. Joh. Arnoldi*. Lipſ. 1694. fol.
2) *Robert. Boyle* opera varia, Genevae 1680. 4. cum appendic. 1682—1688.
3) *Chriſt. Hugenii* opera varia, cura *Guil. Jac. s'Graveſande*. T. I. II. Lugd. Bat. 1724. 4.
Ejusd. opera reliqua. T. I. II. Amſtelod. 1728. 4.
4) *Petri van Muſchenbroek* Phyſicae experimentalis et geometricae diſſertationes. Lugd. Bat. 1729. 4.
5) Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento, edit. a *Petr. van Muſchenbroek*. Lugd. Bat. 1731. 4.
6) *Leon. Euleri* opuſcula varii argumenti. T. I—III. Berolini. 1746. 1750. 1751. 4.
(Eben deſſelben) Lettres à une princeſſe d'Allemagne ſur divers ſujets de phyſique et de philoſophie. T. I—III. à Mitau 1770—1774. 8. Nouv. Edit. par M. *de Condorcet* et *de la Croix*. à Paris. T. I. 1787. T. II. 1788. gr. 8.
Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie. I—III. Th. Leipzig 1769—1774. 8. Neue Ausgabe von Fr. Kries. B. I. Leipzig 1792. B. II. u. III. 1794. gr. 8.
7) *Abr. Gotth. Käſtner* diſſertationes mathematicae et phyſicae. Altenb. 1771. 4.
8) Recherches ſur les modifications de l'atmoſphère, par *Jean André de Luc*. T. I. II. à Génève 1772. gr. 4.

J. H.

J. A. de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre und die zu Abmessung ihrer Veränderungen dienlichen Werkzeuge; a. d. Franz. Th. I. II. Leipzig 1776. 1778. 8.

9) Eben desselben Idées sur la météorologie. T. I. II. à Londres 1786. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie, von J. A. de Luc; a. d. Franz. Th. I. II. Berlin und Stettin 1787. 1788. 8.

10) Voyages dans les Alpes, par *Horace Bened. de Saussure.* T. I—IV. à Génève 1780—1786. gr. 8.

Horat. Bened. von Saussure Reisen durch die Alpen; a. d. Fr. Leipzig 1781—1788. B. I—IV. 8.

11) Fr. Carl Achard's chymisch-physische Schriften. Berlin 1780. 8.

12) Eben desselben Sammlung physikalischer und chymischer Abhandlungen. B. I. Berlin 1784. 8.

13) *Torb. Bergmann* opuscula physica et chemica. V. I. II. Holm. Upsal. et Aboae 1779—1780. 8. Vol. III. ebendas. 1783. und Lps. 1786. gr. 8. Vol. IV—VI. edid. *Ern. Benj. Gottl. Hebenstreit.* Lps. 1787. 1788. 1790. gr. 8.

14) *Carol. Guil. Scheele* opuscula chemica et physica, ed. *Ern. Benj. Gottl. Hebenstreit.* Vol. I. II. Lps. 1788. 1789.

15) Experiments and observations on different kinds of air, by *Jo. Priestley.* Lond. 1774. 8. Sec. edit. 1775. 8. Vol. II. 1775. Vol. III. 1776. 8.

Dr. Jos. Priestleys Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft; a. d. Engl. Th. I. Wien und Leipzig 1778. 8. Th. II. 1779. Th. III. 1780.

16) *Jos. Priestleys* Experiments and observations relating to various branches of natural Philosophy; with a continuation of the observations on air. Lond. 1779. Vol. II. Birmingh. 1781. 8. Vol. III. Birmingh. 1786. 8. (Der Verfasser führt dieses Werk als eine Fortsetzung des vorigen an. Eine neue Ausgabe beyder zusammen in 3 B. hat er 1790. zu London herausgegeben.)

Eben desselben Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre, a. d. Engl. Leipzig 1780. B. II. Wien und Leipzig. 1782. 8.

17) Opuscules physiques et chymiques, par M. *Lavoisier.* T. I. II. à Paris 1774. 8.

Herrn Lavoisier physikalisch-chemische Schriften, a. d. Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. B. I. Greifswalde 1783. 8. B. II. 1785. 8. — Aus dem Französischen gesammelt und übers. mit Anmerk. von eben demselben. B. III. Greifswalde 1785. 8. von H. F. Link, B. IV. Greifsw. 1792. B. V. 1793. 8.

18) Joh. Ingenhouß vermischte Schriften, physisch-medicinischen Inhalts; übersetzt und herausgegeben von Nik. Karl Molitor. Wien 1782. 8. Neue, sehr vermehrte Auflage. Bd. I. II. Wien 1784. 8.

19) Sammlung zur Physik und Naturgeschichte, von einigen Liebhabern dieser Wissenschaften. Bd. I. Leipz. 1779. 8. Bd. II. 1782. Bd. III. 1787. Bd IV. 1792. 8.

20) Opuscoli fisico-chimici del Cavaliere *Marsilio Landriani*. Milano 1781. 8.

21) Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen, von G. G. Schmidt. Bd. I. Gießen. 1793. 8.

22) Beyträge zur Physik und Chemie, von *H. F. Link*. Rostock und Leipzig. St. I. 1795. St. II. 1796. 8.

23) „J. B. Richter: Ueber die neuern Gegenstände der Chemie. St. I—XI. Breslau und Hirschberg 1791—1802. 8.

24) M. H. Klaproth's Beytr. zur chem. Kenntn. der Mineralkörper. Bd. I—VI. Posen und Berlin, und Berlin u. Leipzig 1795—1810. 1815. 8.

25) C. F. Buchholz: Beitr. z. Erw. und Bericht d. Chemie H. I—III. Erfurt 1799—1802. 8.

26) J. Schuster System der dualistischen Chemie d. Prof. J. J. Winterl. Berlin 1807. 8.

27) J. W. Ritter's Phys. Chem. Abh. B. I—III. Leipzig 1806. 8. Dessen Fragmente ꝛc. B. I—II. Heidelberg. 1810. 8.

28) H. C. Oersted's Ansicht der chem. Naturgesetze ꝛc. Berlin 1812. 8.

29) C. W. G. Kastner's Einleitung in die neuere Chemie. Halle und Berlin 1814. 8. und dessen Beiträge ꝛc. B. I—II. Heidelberg 1806—1807. und Materialien. Jena 1805. 8. und dessen vergleichende Uebersicht d. Systems der Chemie. Halle 1819. 4.

30) *C. L. Berthollet*: Essai de statique chimique. Vol. I—II. Paris 1803. übers. von Bartholdi und Fischer. Berlin 1811. 8.

31) Dalton's neues System des chem. Theils der Naturwissenschaft. Uebers. von Wolff. Berlin 1812. 8.

32) H. Davy's Elemente d. chem. Theils der Naturwissensch. übersetzt von Wolff Berlin 1815. 8.

33) *G. J. Singer*: Elements of Electricity and Electro-chemistry. Lond. 1814. 8.

34) J. W. Döbereiner's Beiträge zur Stöchiometrie. Jena 1816. 8.

35) *Gay-Lussac et Thenard*: Recherches physico-chimiques. T. I—II. Paris. 8.

36) J. F. John's Chem. Schriften B. I—V. Berlin 1810—17. 8. K."

9) J. C. Fischers Geschichte der Physik. Göttingen 1801 — 1808 8 Theile. 8.

4) Magazine und Journale.

1) Hamburgisches Magazin, oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturforschung und den angenehmen Wissenschaften überhaupt. Bd. I — XXVI. Hamb. 1747 — 1765. 8. Neues Hamburgisches Magazin. Hamburg 1767 u. f. 8.

2) Observations sur la Physique, sur l'Histoire naturelle et sur les Arts, par M. l'Abbé *Rozier*, M. *Mongez* et *de la Métherie*. T. I — XLIII. à Paris 1775 — 1793. 4.

3) Journal de Physique, de Chymie et d'Histoire naturelle, par *Jean Claude Lamétherie*. T. I. à Paris. An. 2e. 4. (Beendet 1815.)

4) Biblioteca fisica di Europa, di *L. Brugnatelli*. Pavia T. I — XX. 8.

5) Giornale fisico-medico — di *L. Brugnatelli*. Pavia. T. I. 1794. 8. (wird fortgesetzt.)

6) Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, herausgegeben von Lichtenberg. B. I — III. Gotha 1781 — 86. Fortgesetzt von Voigt. B. IV. 1786. — B. XII. 1796. 8.

7) Lor. Crell chemisches Journal. Th. I. Lemgo 1778. — Th. VI. 1781. 8.

8) Eben desselben neueste Entdeckungen in der Chemie. Th. I. Leipzig 1781. — Th. XII. 1784. 8.

9) Eben desselben chemische Annalen. Helmst. und Leipzig. 20 Jahrg. 1784 — 1803. 8.

10) Eben desselben Beyträge zu den chemischen Annalen. B. I. Helmst. und Leipzig. 1786. 8. — B. VI. 1792 — 1799.

11) Annales de Chymie, ou Recueil de Mémoires concernant la Chymie et les Arts, par MM. *de Morveau*, *Lavoisier*, *Monge*, *Berthollet*, *de Fourcroy*, *le Baron de Dieterich*, *Hassenfratz* et *Adet*. Tome I. à Paris 1789. — T. XVIII. 1793. 8. Fortgesetzt unter dem Titel: Ann. de Chim. et de Physique etc. T. I — V. à Paris 1818. 8.

12) Journal der Physik, herausgegeben von D. *Fr. Albr. Carl Gren*. B. I. Halle und Leipzig 1790. — B. VIII. 1794. 8.

13) Neues Journal der Physik, herausgegeben von D. F. A. C. Gren. Leipzig. B. I. 1795 — B. IV. 1798.

14) Annalen der Physik, herausgeg. von D. F. A. C. Gren, fortgesetzt von L. W. Gilbert. (Erscheint seit 1799, und wird fortges.)

15) Die Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin sind nach und nach unter folgenden Titeln erschienen:

a) Beschäftigungen der Berl. Ges. nat. Fr. 4 Bände, 8. Berlin 1775—1777.

b) Schriften der Berl. Ges. nat. Fr. 11 Bände, 8. Berlin 1780—1794.

Anmerk. Die fünf letzten Bände sind unter doppeltem Titel gedruckt; der zweyte Titel ist nehmlich: Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde v. d. G. n. Fr. in Berlin. 5 Bände. Der letzte Band (also der 11te der Schriften, und 5te der Beobachtungen) enthält ein Universalregister über ganz a und b.

c) Neue Schriften der. Ges. nat. Fr. in Berlin. 4 Bände, 4. Berlin 1795—1805.

d) Der Ges. nat. Fr. zu Berlin Magazin für die neuesten Entdeckungen in der Naturkunde. Erscheint zu Berlin seit 1807 als eine Quartalschrift in 4.

16) Scherers allgemeines Journal der Chemie. Band 1—6. Leipzig 1798—1801. — 7—10. Bd., Berlin 1801—1803. 8.

17) Neues allgemeines Journal der Chemie, herausgegeben von Gehlen. 6 Bände, Berlin 1803—1806. 8.

18) Journal für Chemie und Physik, herausgegeben von Gehlen. Berlin 1806. 1810. 5 B. 8.

19) J. S. C. Schweigger's N. Journ. f. Chem. u. Physik. I—XXI. B. (wird fortgesetzt.) Nürnberg 1811—1818. 8.

20) Nordische Blätter für die Chemie, herausgeg. von A. N. Scherer. 1ster Band in 4 Heften. 8. Halle, 1817 und 18.

21) *Thomson's* Annals of philosophy etc. Tom. I—VI. London 1812—1818. (wird fortges.)

§. 28. Ich theile die Naturlehre in die allgemeine (Physica generalis), und in die besondere (Physica specialis) ein. Jene beschäfftigt sich theils mit dem, was dem Begriffe der Materie nach Principien a priori zum Grunde liegt, theils mit Phänomenen, die von allgemeinen Grundkräften abhängen. Diese hingegen untersucht die Natur

einzelner Stoffe, und erklärt die Veränderungen, die sie hervorbringen oder erleiden.

Anm. „Die allgemeine Naturlehre entwickelt die Gesetze, nach welchen natürliche Dinge sich verändern und verändert werden; die besondere zerfällt in Physik, d. i Lehre von dem Gemeinsamen der Veränderungen mehrerer oder aller Naturwesen; Chemie d. i. Lehre von dem Besondern der Veränderungen der einzelnen Naturwesen, und Physiologie d, i. Lehre von dem Eigenthümlichen der Veränderungen selbstthätiger (lebender) Naturwesen. Die Naturbeschreibung hat zum Gegenstande die Bestimmung der Beschaffenheiten d. i. des nicht in Veränderung Begriffenen, Bleibenden, des Kennwerths der Naturwesen. Die Geschichte der Natur erzählt die im Laufe der Veränderungen eines einzelnen Naturwesens oder mehrerer räumlich verbundener (z. B. der Erde mit ihren Theilen und Bewohnern) Naturwesen statt gehabten Begebenheiten, sofern dieselben auf die Entstehung, Fortbildung und den Untergang der Wesen Bezug haben; vergl. Kastner's Experimentalphysik, 12. Kapitel: Geschichte der Natur. Kr."

Erster Theil.
Allgemeine Naturlehre.

Erstes Hauptstück.
Metaphysische Naturlehre.

§. 29.

Der gesammten Naturlehre liegt der Begriff der Materie zum Grunde. Diese ist zwar nur ein Gegenstand der Empfindung in der äußern Anschauung, oder das eigentlich Empirische der sinnlichen und äußern Anschauung, welches gar nicht a priori gegeben werden kann; in so fern indessen die Naturlehre zur vollständigen Zergliederung des Begriffes von Materie sich keiner besondern Erfahrungen, sondern nur dessen, was sie im abgesonderten, obgleich an sich empirischen Begriffe selbst antrifft, nach Principien a priori, oder in Beziehung auf die reinen Anschauungen im Raume und in der Zeit, bedient, heißt sie **metaphysische Naturlehre**, die mit Recht den übrigen Theilen der Naturlehre vorangehen muß.

„Der Herausgeber der vorigen fünften Auflage empfiehlt jedem philosophischen Kopfe die unbefangenste Untersuchung der Frage: ob es möglich sey, eine wirklich rationale Wissenschaft aufzuführen auf dem anerkannt empirischen Begriffe der Materie, d. h. auf einem Begriffe, von welchem wir schlechterdings nie sicher seyn können, ob wir ihn genau, richtig, vollständig und allseitig aufgefaßt haben, oder nur auffassen können. Es wird sich in der Folge öftere Gelegenheit finden, den empirischen Ursprung manches Begriffes bemerklich zu machen, den der Verf. a priori zu deduciren versucht.

„Ueber den Begriff der metaphysischen Naturlehre vergl. J. Fries System der theoret. Physik. Einleitung. Kr."

Materie. Grundkräfte derselben.

§. 30. Wir können uns nichts Körperliches anders denken, als daß es ausgedehnt, oder daß es in einem Raume enthalten ist, den man nach dreyerley auf einander senkrecht stehenden Richtungen abmessen, oder, worin man Länge, Breite und Höhe unterscheiden kann.

§. 31. Die Ausdehnung eines jeden Körpers*) nach der Richtung der Länge, Breite und Höhe ist durch Flächen begränzt, deren Lage und Stellung gegen einander die Figur des Körpers bestimmt. Jeder**) Körper hat also eine Figur***).

*) „d. i. eines jeden gestalteten Raumerfüllenden Kr."

**) starre oder tropfbarflüssige Kr."

***) Und für jedes gestaltlose (ausdehnsame) Flüssige ist durch Außenbegrenzung eine Figur möglich. Kr."

§. 32. Das, was den Raum des Körpers erfüllt, heißt Materie. Einen Raum erfüllen heißt aber, dem Beweglichen widerstehen, das durch seine Bewegung in diesen Raum einzudringen strebt. Dieses Phänomen der Materie nennt man Undurchdringlichkeit.

„Daß ein Körper den Raum fülle, nehmen wir durch das Getast wahr, indem der Körper unserm eigenen Körper einen Widerstand entgegensetzt. Alle Körper, die dem unsrigen widerstehen, leisten sich auch unter einander Widerstand; und so gewinnt es den Anschein, als ob Undurchdringlichkeit der Materie absolut zukomme. Allein die unzweydeutige und allgemeine Erfahrung daß zwey Stoffe, wenn sie sich chemisch mischen, einen neuen, in sich völlig homogenen Stoff bilden, nöthigen uns, anzunehmen, daß sich die Stoffe in diesem Falle in ihrem innersten Wesen durchdringen. Ist dieß aber richtig, so kommt die Undurchdringlichkeit nicht einmal der wahrnehmbaren Materie unbedingt zu. Giebt es ferner nicht-wahrnehmbare Materie, so ist sie eben deßwegen nicht wahrnehmbar, weil ihr diese Eigenschaft fehlt. Dem ohngeachtet können in einer solchen Materie bewegende Kräfte liegen: denn daß es bewegende Kräfte geben könne, die nicht durch Widerstand, sondern auf eine andere, uns unbekannte Art wirken, lehrt uns unser eigener Wille. F."

„Von dem mechanisch-undurchdringlich seyn, d. h. dem Unvermögen durch Andringen zur gemeinschaftlichen Raumerfüllung zu gelangen, oder aus dem Raum vertrieben werden zu können, ist zu unterscheiden die chemische, durch wechselseitige Auflösung zweyer oder mehrerer Gegenstoffe bewirkte Durchdringung oder Mischung. Kr."

§. 33. Die Vorstellung des Raumes kann zwar nicht von der Vorstellung des Körpers getrennt werden; daraus folgt aber nicht, daß der Raum eine Eigenschaft der Materie an sich sey. Raum ist vielmehr die Form der äußern sinnlichen Anschauung, oder die Regel, unter welcher die Sinnlichkeit von äußern Objecten afficirt wird.

§. 34. Materie ist das Bewegliche im Raume (oder das in den, durch die äußeren Sinne wahrnehmbaren Erscheinungen Beharrliche); und in so fern die Vorstellung des Raumes von der Vorstellung des Körperlichen unzertrennlich ist, kann man die Materie den beweglichen oder empirischen Raum nennen. Der Raum, in welchem alle Bewegung zuletzt gedacht werden muß (der mithin selbst schlechterdings unbeweglich ist), heißt der reine absolute Raum, im Gegensatz des vorigen, den man auch den relativen Raum nennt. Der absolute Raum ist an sich nichts, sondern eine bloße Idee, die selbst kein Object hat. Ein nicht mit Materie erfüllter Raum, oder ein leerer Raum (Vacuum), hat als solcher nur objective Gründe, und kann nicht als für sich gegeben oder als ein wirkliches Ding angesehen werden.

„In aller Erfahrung muß etwas empfunden werden, und das ist das Reale der sinnlichen Anschauung, folglich muß auch der Raum, in welchem wir über die Bewegungen Erfahrungen anstellen sollen, empfindbar, d. i. durch das, was empfunden werden kann, bezeichnet seyn; und dieser, als der Inbegriff aller Gegenstände der Erfahrung, und selbst ein Object derselben, heißt der empirische Raum. Dieser aber, als materiell, ist selbst beweglich. Ein beweglicher Raum aber, wenn seine Bewegung wahrgenommen werden soll, setzt wiederum einen andern erweiterten materiellen Raum voraus, in welchem er beweglich ist, dieser eben sowohl einen andern, und so forthin ins Unendliche." (Kant's metaphys. Anf. der Naturw. S. 2. f.) Durch den Begriff von einem absoluten, oder reinen, und unbeweglichen Raume erhält indessen der Erfahrungsgebrauch des Verstandes in der Beziehung eines beweglichen Raumes auf einen andern weitern beweglichen Raum Einheit.

§. 35. Die Erfahrung lehrt, daß wir, wenn wir den Raum irgend eines Körpers verengen wollen, Widerstand finden, so groß oder klein er auch seyn mag. Was aber Widerstand leistet, oder was Bewegungen hemmt,

muß selbst eine bewegende Kraft seyn (§. 3.) Also erfüllt die Materie ihren Raum nicht durch ihre bloße Existenz, sondern durch eine besondere bewegende Kraft.

§. 36. Eine Kraft, die dem Eindringen einer andern, oder der Annäherung widersteht, heißt eine zurückstoßende oder expansive Kraft (Vis repulsiva, expansiva). Die Materie erfüllt also ihre Räume durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile, d. i. durch eine ihr eigene Ausdehnungskraft, die einen bestimmten Grad hat, über den kleinere oder größere Grade ins Unendliche gedacht werden können.

§. 37. Weil für gegebene ausdehnende Kraft der Materie eine größere zusammendrückende angenommen werden kann, die jene in einen engern Raum zwingt, und so ins Unendliche; so folgt, daß die Materie ins Unendliche zusammengedrückt werden kann. Sie würde durchdrungen werden, wenn durch ihre Zusammendrückung der Raum ihrer Ausdehnung völlig aufgehoben würde. Dazu würde eine unendlich zusammendrückende Kraft erfordert werden, welche unmöglich ist. Also kann eine Materie von einer andern niemals in diesem Sinne durchdrungen werden.

Diese Durchdringung der Materie vermittelst äußerer zusammendrückender Kräfte könnte die mechanische heißen, im Gegensatz der chemischen, vermittelst der Anziehung, von der unten gehandelt werden wird.

§. 38. Die Undurchdringlichkeit der Materie (§. 32.) beruht also auf einem physischen Grunde, nehmlich auf dem Widerstande, der mit den Graden der Zusammendrükkung proportionirlich wächst: denn die ausdehnende Kraft macht die Materie selbst, als ein Ausgedehntes, das seinen Raum erfüllt, erst möglich. Da aber diese Kraft einen Grad hat, der überwältigt werden kann, doch so, daß die gänzliche Durchdringung unmöglich ist (§. 37.), so folgt, daß die Undurchdringlichkeit der Materie nur relativ, nicht absolut ist.

Bey der Voraussetzung der absoluten Undurchdringlichkeit nimmt man an, daß die Materie als Materie schlechterdings und mit absoluter Nothwendigkeit dem Eindringen widersteht, und daß sie keiner Zusammendrückung fähig ist, als in so fern sie leere Räume enthält.

§. 39. Die Möglichkeit der Materie erfordert außer der Expansivkraft eine Anziehungskraft (Vis attractiva), die der Ausdehnungskraft entgegenwirkt, als die zweyte wesentliche Grundkraft derselben. Die Expansivkraft, als wesentliche bewegende Kraft, kann nehmlich nicht durch sich selbst eingeschränkt, auch kann die damit begabte Materie nicht durch den Raum allein auf eine gewisse Gränze der Ausdehnung gesetzt werden. Also würde die Materie durch bloß repulsive Kräfte sich ins Unendliche zerstreuen, und der Grad einer in alle Räume sich verbreitenden Expansivkraft unendlich klein, d. i. gleich Null seyn; es würde also nirgendwo ein endliches Quantum Materie vorhanden, oder jeder angegebene Raum würde vollkommen leer seyn. Also erfordert die reale Möglichkeit der Materie noch eine ursprüngliche innere Anziehungskraft, wodurch die Verbreitung eines jeden bestimmten Quantum Materie auf einen bestimmten Raum bgränzt wird.

§. 40. Durch bloße Anziehungskraft, ohne Expansivkraft, ist keine Materie möglich. Denn wenn eine Materie durch bloße Anziehungskraft existirte, so würde der Raum ihrer Verbreitung ins Unendliche verringert werden, oder ihre Theile würden in einen mathematischen Punkt zusammenfließen, und der Raum würde leer, folglich ohne Materie seyn.

§. 41. Die Materie erfüllt ihren Raum nur dann mit Beharrlichkeit, wenn die Expansivkraft und die Anziehungskraft ihrer Theile sich einander das Gleichgewicht halten.

„Die dynamische Ansicht der Natur lehrt:

1) Was der Kraft entgegenwirkt, kann nur als Kraft (Gegenkraft) gedacht werden, wo also die Natur wirkt, offenbart sie Verhältnisse freier Gegenkräfte.

2) Alle Veränderungen der Dinge erfolgen durch Wechselwirkung freier Gegenkräfte, und zwar der sich entgegengesetzten Grundkräfte (Expansiv- und Attractivkraft).

3) Diese kann verschieden seyn, entweder stufen- oder gradweise, oder wesentlich entgegengesetzt, nemlich anziehend, d. i. Annäherung zweyer Punkte bewirkend, und abstoßend, d. i. zwey Punkte von einander entfernend.

4) Sie können wirken entweder in die Ferne (nach dem umgekehrten Verhältniß ihrer Verbreitung durch den Raum, d. h nach dem umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung) oder nur in der Berührung (d. h. nach dem umgekehrten Verhältniß des Raums, den die Materie schon einnimmt.)

5) Mithin werden alle Körper zeigen: a) entweder einen bestimmten Grad der Anziehung aus der „Ferne", oder der Zurückstoßung in die „Ferne"; b) entweder einen bestimmten Grad der Anziehung in der „Berührung", oder der Abstoßung in der Berührung (vergl. Fries a. a. O. S. 23.)

6) Eben so werden sich aber auch alle Punkte einer gegebenen Materie verhalten, und diese wird daher nur Grade des Beysammenseyns oder des Auseinanderstrebens darbieten. Kr."

§. 42. Der Raum, den die Materie erfüllt, muß als eine stetige Größe (Continuum) angesehen werden. Er ist ins Unendliche mathematisch theilbar, d. h. keiner seiner Theile kann der kleinste genannt werden, oder er besteht, so klein er auch ist, immer wieder aus Räumen, wie sich erweisen läßt.

Man ziehe (Fig. 1.) die Parallellinien AB und CD; auf beyde errichte man eg und fh senkrecht, und beschreibe so das Parallelogramm efgh. Wird nun aus g die Linie gf gezogen, so wird das Parallelogramm dadurch in die beyden Dreyecke gef und ghf getheilt. Wenn aus eben diesem Punkte g die Linien gk, gl, gm gezogen werden, so wird das Dreyeck ghf dadurch immer in kleinere Theile getheilt. Da es nun ausgemacht ist, daß sich die Linie AB ohne Ende verlängern läßt, und da man ferner aus dem Punkte g gegen alle Punkte der unendlich verlängerten Linie AB eine Linie ziehen kann, ohne daß sie endlich mit CD zusammenfiele, weil diese sonst mit AB nicht parallel wäre, welches der Voraussetzung zuwider ist, so folgt, daß das Dreyeck ghf dadurch in unendlich viele Theile getheilt, und daß diese Theilung ohne Ende fortgesetzt werden könne.

Oder (Fig. 2.) man ziehe gegen AB die Linie IC senkrecht, und beschreibe nun mit dem Halbmesser DC den Bogen CK, und mit dem Halbmesser FC den Bogen CL. Der Augenschein lehrt es, daß der Bogen LC der geraden Linie AB näher komme, als der Bogen CK. Der mit dem Halbmesser GC beschriebene Bogen CM kommt ihr noch näher, und der mit dem Halbmesser CH beschriebene noch mehr, und so immer fort, je größer der Radius ist, mit welchem der Bogen beschrieben wird. Der Raum KCB wird dadurch immer mehr getheilt. Weil sich nun die Linie CI nach I zu ohne Ende verlängert annehmen

läßt, so lassen sich auch mit dem ohne Ende wachsenden Radius CI durch den Punkt C unendlich viele immer größer werdende Bogen ziehen, die der Linie AB immer näher kommen, ohne daß endlich ein solcher Bogen mit AB zusammenfallen könne, indem er sonst nicht von seiner Tangente, und die krumme Linie nicht von der geraden unterschieden wäre. Der zwischen KCB befindliche Raum wird solchergestalt ohne Ende getheilt werden können.

§. 43. Aber auch die Materie erfüllt ihren Raum als stetige Größe, und ist ins Unendliche theilbar, und zwar in Theile, deren jeder wiederum Materie ist. In einem mit Materie erfüllten Raume enthält nehmlich jeder Theil desselben repulsive Kraft, allen übrigen nach allen Seiten entgegen zu wirken; folglich ist auch jeder Theil eines durch Materie erfüllten Raumes für sich selbst beweglich, und also trennbar von den übrigen durch Theilung. So weit sich also die mathematische Theilung des Raumes, den die Materie erfüllt, erstreckt, so weit erstreckt sich auch die möglich physische Theilung der Substanz, die ihn erfüllt, das ist, ins Unendliche.

§. 44. In der Wirklichkeit findet die Theilung der Materie freilich ihre Gränzen; hier ist aber von der möglichen Theilung derselben die Rede, die keine Gränzen hat. Sonst kann die wirkliche Theilung doch bis zum Erstaunen weit getrieben werden; und die Kunst vermag Theilungen vorzunehmen, die nach den Begriffen minder Unterrichteter unglaublich scheinen können.

Beyspiele solcher bewundernswürdig großer Theilungen der Materie geben:

1) Die Materie des Lichts. Durch ein kleines Loch in einem Kartenblatte, dicht vors Auge gehalten, übersehen wir eine beträchtliche Menge irdischer Gegenstände. Die Folge aber wird lehren, daß von jedem sichtbaren Punkte Lichtkegel ins Auge kommen, deren Grundfläche das Loch ist, durch welches wir sehen, und deren Spitze sich am sichtbaren Punkte findet. Diese Lichtkegel müssen unzählbar seyn, weil wir eine unzählbare Menge sichtbarer Punkte wahrnehmen können; und diese Lichtkegel müssen bey ihrem Durchgange sich auch nicht unter einander verwirren und aufhalten.

2) Riechende Ausflüsse. Eine Cubiklinie Lavendelöl kann die Luft eines Zimmers mit feinem Geruche ganz ausfüllen, wenn es durch Erwärmung zur Verdünstung gebracht wird. Wenn dieses Zimmer 22 Fuß lang, 18 Fuß breit und 10 Fuß hoch wäre, und nun angenommen würde, daß in jeder Cubiklinie Luft dieses Zimmer nur vier riechbare

Theilchen des Lavendelöls wären, so wäre dadurch eine Theilung der Cubiklinie des Oels in 47297,986560 Theilchen bewirkt.

S. Sigaud de la Fond a. a. O. §. 35. Von andern Berechnungen der außerordentlich großen Theilung der Materie bey riechenden Ausflüssen s. *Boyle* de mira effluviorum subtilitate c. 2.

3) Die Dehnbarkeit des Goldes. Ein Gran Gold kann von geschickten Goldschlägern nach Reaumur zu $56\frac{1}{2}$ Quadratzoll (paris. M.) und drüber ausgedehnt werden. Rechnen wir für jeden Zoll Länge 200 mit den Augen erkennbare Theile, so wird jeder Quadratzoll $200 . 200 = 40000$ Quadrate bekommen, deren jedes $\frac{1}{200}$ eines Zolles zur Seite hat, und mit den Augen zu unterscheiden ist. Nun haben wir aber $56\frac{1}{2}$ Quadratzoll, folglich 1,460000 dergleichen Quadrate. Das Blattgold aber ist auf beyden Seiten sichtbar, und so erhalten wir 2,920000 mit den Augen erkennbare Theile an einem Grane Gold. Noch weiter geht die Sichtbarmachung der Theile des Goldes bey der Vergoldung in der Verfertigung des Draths zu den goldenen Tressen. Nach Reaumur wird dazu eine cylindrische Stange Silber von 22 Zoll Länge und 15 Linien im Durchmesser mit einer Unze Gold vergoldet. Beym Durchziehen durch immer engere Drathzüge und bey dem Glätten wird dieselbe endlich zu einer Länge von 110 französischen Meilen und drüber ausgedehnt, wobey das Gold die ganze Oberfläche bedeckt. Die Unze Gold bildet also hier einen Cylinder von $110 \times 2000 = 220000$ Klaftern $\times 6 = 1,320000$ Fuß $\times 12 = 15,840000$ Zoll $\times 12 = 190,080000$ Linien. Nimmt man an, daß in der Länge einer Linie 10 erkennbare Theile, und auf dem Drathe wenigstens 2 Flächen zu unterscheiden sind, so wären hierbey von einer Unze Gold $12 \times 2 \times 190,080000 = 4561,920000$ Theile sichtbar gemacht worden, welches für einen Gran $= \frac{1}{480}$ Unze 9,295666 erkennbare Theile ausmacht.

Réaumur, in den *Mém. de l'acad. roy. des sciences de Paris* 1713. S. 205 ff.

„Beyspiele einer großen Ausdehnung des Platin geben die verplatinten Töpfergeschirre; vergl. Kastner's Deutsch. Gewerbsfr. B. I. 1 H. 15 St. Nach Wallaston läßt sich das Platin zu Dräthen ziehen von $\frac{1}{4000}$, ja selbst von $\frac{1}{30000}$ Zoll Durchmesser; a. a. O. III. Kr."

4) Die metallischen Niederschläge. Man löse 4 Gran Eisenvitriol in 2 Kannen Regenwasser auf, und tröpfele dazu von der geistigen Gallapfeltinctur, so wird nach dem Umrühren die Flüssigkeit durchaus eine schwarze Farbe annehmen. Die Kanne Wasser ist zu 56 Unzen gerechnet, und die Unze zu 480 Tropfen; wir haben also $2 \times 56 \times 480 = 54,560$ Tropfen, die alle schwarz gefärbt sind, und den Eisenniederschlag enthalten. Das Eisen in 4 Gran Eisenvitriol beträgt kaum 1 Gran. Wenn wir nun in jedem Tropfen nur 40 erkennbare Theile annehmen, so wäre hierbey 1 Gran Eisen in $40 \times 54,560 = 1,382400$ erkennbare Theile zerrissen worden.

5) Die Pigmente. Ein Gran Kupfer, in Salmiakgeist aufgelöset, färbt 392 Cubikzoll (rheinl.) destillirtes oder Regenwasser schön blau, und leidet hierbey nach Muschenbroek's Berechnung eine Vertheilung in 392,500000 erkennbare Theile.

Die Ausziehung von 1 Gran Cochenille mit etwas Lauge vom Gewächsalkali färbt die vorige Menge destillirtes Wasser roth, und erleidet eben so starke Vertheilung.

Muschenbroek introd. ad philos. natur. §. 72. n. 4. 5.

Das Gespinnste der Spinnen, Seidenwürmer. H. *Rob. Boyle* a. a. O. und *Réaumur*. a. a. O.

7) „Leuwenhoek entdeckte in verschiedenen Pflanzenaufgüssen, die er einige Tage hindurch stehen ließ, Infusionsthierchen, die 1000,000000 Mal kleiner als ein Sandkorn geschätzt werden konnten. Kr."

§. 45. Das atomistische System, welches man auch die mechanische Naturphilosophie, im Gegensatz der dynamischen, die wir hier zum Grunde legen, nennen kann, nimmt die Undurchdringlichkeit der Materie als absolut an, und läßt die Materie durch ihre Existenz ihre Räume erfüllen, aber nicht als Continuum, sondern als Interruptum, mit leeren Zwischenräumen (Vacuum disseminatum). Es behauptet daher auch eine Gränze der Theilbarkeit der Materie, und nennt die letzten, nicht weiter theilbaren Theilchen, denen es freylich doch Ausdehnung und Figur zugestehen muß, Atome.

„Die neuere Atomistik oder Corpuscularphilosophie stellt sich die Atome als mit anziehenden und abstoßenden Kräften begabte Raumerfüllungen von unverminderlicher Kleinheit vor, und Dalton nimmt an, daß die harten, kugligen Atome von ausdehnsamen Wärmestoffe dergestalt umflossen seyn, daß jeder Atom eine Wärmeatmosphäre habe, welche bei den Ausdehnsamflüssigen mit unverminderter Abstoßungskraft das Ausdehnungsstreben derselben bewirke, bei den Tropfbaren hingegen durch die gegenseitigen, nach allen Richtungen gleichwirksamen Ziehkräfte der Atome überall auf gleiche Weise, bey den Starren oder Festen hingegen durch dieselben Ziehkräfte nach nicht allseitigen Gegenrichtungen in Absicht auf Repulsionswirkung gewältigt werde. Vergl. Dalton's System und meine Einleit. in die neuere Chemie S. 179, 287 ꝛc. — Neben den Atomen gestattet also diese Atomistik noch an sich Urflüssige. Boskowich nahm die Atome als unendlichkleine (d. h. untheilbare, durch Abzug unverminderbare Grundwesen, und in diesem Sinne wären sie zu betrachten als das entgegengesetzte des Unendlichgroßen, d. h. durch keinen Zusatz Vergrößerungsfähigen (oder keinen Zusatz gestattenden), z. B. der Himmelsluft des unendlichen Himmelsraumes. Uebrigens stützen sich unsre Vorstellungen vom Unendlichkleinen und Unendlichgroßen nicht auf Verstandesbegriffe, sondern auf Vernunftbegriffe (Vernunftzeuglingen) oder Ideen. Kr."

§. 46. Wir finden in der Erfahrung bey den verschiedenen Körpern unzählige Verschiedenheiten ihrer Wirksamkeit, und unendliche Mannigfaltigkeit ihrer Eigenschaf-

ten. Das atomistische System, das eine völlige Gleichartigkeit der primitiven Materie behauptet, ist genöthigt, die specifische Verschiedenheit der Materie, wovon uns die Erfahrung belehrt, aus der verschiedenen Größe, der verschiedenen Stellung und Figur der Atome und der leeren Räume zu erklären. Nach dem dynamischen System ist eine ursprüngliche Verschiedenheit des Verhältnisses und der Intensität der respectiven Grundkräfte, die das Wesen der Materie ausmachen (§. 39.), möglich; es läßt sich folglich in dieser Hinsicht eine wesentliche Ungleichartigkeit der Materie behaupten, und daraus die empirische specifische Verschiedenheit der körperlichen Dinge ableiten.

§. 47. Nach der atomistischen Erklärungsart in der Physik heißt ein Körper vollkommen oder absolut dicht, wenn er keine leeren Zwischenräume hat, sondern seine Atome den Raum des Körpers als stetige Größe erfüllen. Die Wirklichkeit eines solchen Körpers muß aber zu Folge dieses Systems geläugnet werden, weil die Erfahrung uns keinen Körper zeigt, der nicht in einem gewissen Grade zusammengedrückt werden könnte. Nach jenem Begriffe von Erfüllung des Raumes stellt man Vergleichungen an, und nennt die Materie dichter, als eine andere, die weniger Leeres in sich enthält, und dünner, wenn sie mehr Leeres enthält, als eine andere; und es giebt also ein Maximum und ein Minimum der Dichtigkeit.

§. 48. Da nach dem dynamischen System die Materie stets als Continuum ihren Raum erfüllt, so kann es kein Maximum und kein Minimum der Dichtigkeit geben. Dichtigkeit heißt hier der Grad der Erfüllung eines bestimmten Raumes durch ursprüngliche Grundkräfte. Hiernach ist eine Materie dichter, als eine andere, wenn der Grad ihrer Erfüllung oder die Intensität ihrer Grundkräfte größer, als der andern ist. Jede noch so dünne Materie kann gleichwohl völlig dicht heißen; und sie ist, mit einer andern verglichen, weniger dicht, wenn sie ihren Raum zwar ganz, aber nicht in gleichem Grade erfüllt.

Es versteht sich, daß hier von derjenigen Porosität der Körper, die von ihrer Configuration und ihrem Gefüge abhängig ist, auch wenn sie nicht sinnlich wahrgenommen werden kann, hier nicht die Rede ist.

§. 49. Die Menge der materiellen Theile, die in einem bestimmten Raume eines Körpers enthalten sind, nennt man die Masse desselben, und die Größe dieses Raums den Inbegriff oder den Raumsinhalt (Volumen) des Körpers. Er ist dichter, wenn er mehr Masse bey gleichem Raumsinhalt hat, als ein anderer.

„Es ist nicht ganz leicht, den Begriff der Masse 1) so bestimmt zu erklären, als es der mathematische Gebrauch desselben erfordert, 2) so faßlich, als es bei einem durch die ganze Physik durchlaufenden Begriffe nöthig ist, 3) ganz unabhängig von allem Hypothetischen. Der Atomist genügt nur den beyden ersten Forderungen, der Dynamiker kaum der ersten allein. Der Ausdruck, „Menge der materiellen Theile" ist kein rein dynamischer Ausdruck: denn in der dynamischen Vorstellungsart ist die Materie keine extensive, sondern eine intensive Größe. Richtiger im dynamischen Sinne ist die Erklärung am Ende des folgenden §. Aber „Grad der Erfüllung eines Raumes" ist kein gemeinverständlicher Begriff; und wenn es ihm auch nicht an Bestimmtheit fehlt, so wird immer eine etwas feine und dem Lehrling nicht faßliche Theorie erforderlich seyn, um aus diesem Begriff alle Eigenschaften der Masse, und besonders den Zusammenhang mit der Schwere abzuleiten. Auch hier zeigt sich der Vorzug eines rein empirischen Ganges beym Vortrage der Naturlehre. Der empirische Ursprung des Begriffs der Masse ist folgender. Es ist Thatsache, daß Körper von gleichem Volumen, wenn sie von verschiedener materiellen Beschaffenheit sind (z. B. zwey gleich große Kugeln von Holz und Bley), der Muskelkraft meines Arms einen sehr verschiedenen Widerstand entgegensetzen, wenn ich beyden eine gleiche Geschwindigkeit mittheilen will. Es ist ferner Thatsache, daß eben diese Körper auch jeder andern mechanischen Kraft (z. B. dem Druck einer Feder, dem Anstoß eines andern Körpers) in dem nämlichen Verhältnisse einen verschiedenen Widerstand leisten. Dieß bestimmt uns, dem Körper, der stärker widersteht, mehr Körperliches beyzulegen; und in diesem Sinne ist es die Menge des Körperlichen, was wir Masse nennen. Es ist endlich auch Thatsache, daß der stärker widerstehende Körper auch mit einem in demselben Verhältnisse größern Gewichte drückt; und so erhalten wir im Gewichte des Körpers ein Maaß seiner Masse. F."

§. 50. Nach dem atomistischen System hat ein Körper dann mehr Masse als ein anderer, wenn er bey gleichem Raumsinhalt mehr Atome und weniger leere Zwischenräume enthält, als ein anderer; nach dem dynamischen System ist die Masse eines bestimmten Volums desto größer, je größer der Grad der Erfüllung dieses Raumes (§ 48.) ist.

§. 51.

§. 51. Die Dichtigkeit der Materie ist demnach ein Verhältnißbegriff, und es läßt sich dieselbe nicht an sich bey Einem Körper, sondern es lassen sich nur die Verhältnisse der Dichtigkeit mehrerer Körper angeben. Man muß also die Dichtigkeit eines bestimmten Körpers zur Einheit nehmen, und damit die Dichtigkeit anderer Körper vergleichen, ob sie größer oder geringer ist, als die zur Einheit angenommne Dichtigkeit.

„Dichtigkeit nennen wir das Verhältniß der Massen, welche verschiedene Körper in gleichem Raumsumfange haben; Eigengewicht (specifisches Gewicht, Eigenschwere) heißt hingegen das Verhältniß ihres Gewichts in gleichem Volumen. Dem Begriffe nach sind also Dichtigkeit und Eigengewicht verschieden, der Beobachtung nach sind sie hingegen dasselbe. Kr."

§. 52. Da die Dichtigkeit der Körper bestimmt wird aus dem Verhältnisse des Raumesinhalts zu der Masse des Körpers (§. 49.), so fließen hieraus folgende Regeln zur Bestimmung der Dichtigkeiten der Körper:

1) **Körper von gleichem Volumen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten, wie ihre Massen.**

2) **Körper von gleichen Massen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten umgekehrt, wie ihre Volumina.**

3) **Die Dichtigkeiten der Körper überhaupt verhalten sich wie die Quotienten der Massen der Körper durch die Volumina.**

Es sind demnach die Dichtigkeiten im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten der Inbegriffe; die Volumina sind im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten der Dichtigkeiten; und die Massen im zusammengesetzten Verhältnisse der Dichtigkeiten und Volumina.

Es seyen nemlich die Volumina zweyer Körper V, v, ihre Massen M, m, und das Verhältniß ihrer Dichtigkeiten sey D, d: so ist nach 1), wenn $V = v$, $D : d = M : m$; und nach 2), wenn $M = m$, $D : d = v : V$. Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Masse der des ersten $= M$, und dessen Volumen dem des zweyten $= v$ sey, und dessen Dichtigkeit sich zu denen der beyden ersten verhalte, wie $\delta : D$ und $\delta : d$, so ist:

für den ersten und dritten nach 2), $D:\delta = v:V$
für den dritten und zweyten nach 1), $\delta:d = M:m$

folglich für den ersten und zweyten, $D:d = Mv:mV = \frac{M}{V}:\frac{m}{v}$.

Es folgt also hieraus, daß $V:v = \frac{M}{D}:\frac{m}{d}$; und endlich, daß $M:m = DV:dv$ sey.

§. 53. Wenn aber nun diese Regeln ihre Anwendung in der Wirklichkeit finden sollen, so ist es nöthig, daß wir die Massen der Körper ermessen, oder die Quantitäten ihrer Materie angeben können. Da die Masse der Körper eine intensive Größe ist, so kann sie auch nur durch das Maaß der Wirksamkeit ihrer ursprünglichen Grundkräfte ermessen werden; und dazu fehlt es uns an einem Maaßstabe. Vergeblich behauptet man, daß das Gewicht dieser Maaßstab sey, weil man dabey ohne Beweis annimmt, daß alle specifisch verschiedene Materie gravitire, und zwar bey gleicher Erfüllung ihres Raumesinhalts gleich stark gravitire. — Die atomistische Naturlehre gesteht auch ein, daß es ihr unmöglich ist, durch Zählung der Atome eines Körpers seine Masse zu bestimmen.

In der Mechanik versteht man gewöhnlich nur Gewichte, wenn von Massen die Rede ist.

Reine Bewegungslehre.

§. 54. Wir betrachten hier das Bewegliche, in so fern es als ein solches bewegende Kraft hat. Wir legen hierbey die Materie als bloß beweglich zum Grunde, ohne auf andere empirische Eigenschaften einer bestimmten Materie, die wir in der Wirklichkeit antreffen, Rücksicht zu nehmen, und lassen die bewegende Kraft nach willkührlichen Richtungen wirken. Wir abstrahiren also von den bewegenden Kräften der wirklichen Materien unserer Sinnenwelt, wodurch sie nach bestimmten Richtungen sollicitirt werden. Wir sind solchergestalt im Stande, die Gesetze der

Bewegung in den einfachsten Fällen zu entwickeln, die uns in der Folge bey den Phänomenen der mit bestimmten Kräften begabten Materien zur Erklärung und Anwendung dienen können.

§. 55. Jeder Körper in der Welt muß einen Raum irgendwo in derselben einnehmen. Denkt man sich von einem gewissen Körper den ganzen Weltraum in Gedanken weg, so ist der Theil dieses absoluten Raums (§. 34.), den er einnimmt, der absolute Ort des Körpers (Locus absolutus); sieht man aber dabey zugleich auf andere Körper, welche eine bestimmte Lage gegen ihn haben, so nennt man es den relativen Ort, oder seine Lage (Locus relativus, Situs). Da aber der absolute Raum selbst keine Realität, sondern nur subjectiv ist; da ferner keine Ortsbestimmung darin möglich ist: so können wir auch nur den relativen Ort der Körper angeben.

§. 56. Die stetige Veränderung des Orts heißt Bewegung (Motus). Diese, ohne Beziehung auf andere Körper, oder die Veränderung des absoluten Orts (§. 55.), heißt absolute Bewegung (Motus absolutus); die Veränderung des relativen Orts, oder der Lage gegen andere Körper, heißt relative Bewegung (Motus relativus).

§. 57. Beybehaltung des Orts ist Ruhe eines Körpers (Quies), die man auch zwiefach, als absolute (Quies absoluta) und als relative Ruhe (Quies relativa) betrachtet. Beyde unterscheiden sich wie absolute und relative Bewegungen (§. 56.)

§. 58. Da aber bey der absoluten Bewegung (§. 56.) und bey der absoluten Ruhe (§. 57.) nur der absolute Ort des Körpers in Betracht kommt, hierzu aber kein anderer Körper erfordert wird, als der, welcher den Ort erfüllt; im absoluten Raume aber keine Stelle, folglich keine Ortsveränderung oder keine Beharrung in dem Orte bestimmt werden kann: so kann auch schlechterdings keine absolute Bewegung und keine absolute Ruhe bestimmt werden. Wir

können daher auch nur die relative Bewegung und Ruhe der Körper in der Natur bemerken.

§. 59. Die relative Bewegung eines Körpers ist in Rücksicht auf die Veränderung der Lage anderer Körper, entweder eine eigene (Motus proprius), oder eine gemeinschaftliche (Motus communis). Bey jener verändert ein einziger Körper gegen alle übrigen seine Lage; bey dieser bewegen sich ein oder mehrere andere Körper zugleich mit, verändern aber ihre Lage gegen jenen nicht, oder die bewegten Körper bleiben in relativer Ruhe (§. 57.) gegen einander. Man muß hierbey nicht absolute und gemeinschaftliche Bewegung mit einander verwechseln.

§. 60. Da wir die Bewegung überhaupt nur aus der unveränderten Lage der Körper gegen einander beurtheilen, mehrere Körper aber gegen einander in ihrer Lage beharren, oder in relativer Ruhe seyn, und doch eine gemeinschaftliche Bewegung haben können: so sieht man leicht ein, daß man die Bewegung nicht wahrnehmen kann, wenn wir bloß auf die Lage derjenigen Körper gegen einander Rücksicht nehmen, die eine gemeinschaftliche Bewegung haben. Aber bey Wahrnehmungen der veränderten Lagen der Körper gegen einander muß auch bestimmt werden, welcher Körper in Ruhe geblieben und welcher wirklich bewegt worden ist. Dies erhellet nicht immer so geradezu, und es können daher ebenfalls wieder leicht Täuschungen entstehen.

Von der wirklichen (Motus realis) und scheinbaren Bewegung (Motus apparens).

§. 61. Die Materie, die als solche keine innern Bestimmungen und Bewegungsgründe hat, sondern die bloß als beweglich, ohne alles Vermögen, sich selbst zu bestimmen, gedacht wird, wie wir hier thun, heißt träge (iners.) Die Trägheit (Inertia) der Materie bedeutet also nichts anderes, als das Unvermögen derselben, ihren Zustand von selbst zu ändern. Sie ist also etwas Negatives; und der Ausdruck Trägheitskraft (Vis inertiae) ist daher ganz ohne Sinn.

„Schon das lateinische Wort inertia war nicht glücklich gewählt; aber seine deutsche Uebersetzung durch Trägheit ist ohne Sinn. Seit dem Klügel das bessere Wort Beharrlichkeit oder Beharrungsvermögen (perseverantia) vorgeschlagen hat, sollte man jenes Wort in physikalischen Schriften gar nicht mehr brauchen."

„Ueber den metaphysischen Gang des Verfassers bey dem Vortrag der Newtonischen Grundgesetze der Bewegung etwas zu sagen, würde zu Erörterungen führen, welche nicht hierher gehören. Ich begnüge mich daher, nur Folgendes zu bemerken. Wenn man den Begriff des Beharrungsvermögens, und dadurch das erste Newtonische Gesetz a priori deduciren will, so muß man es aus dem Begriffe der Materie deduciren; dieser ist aber ein empirischer (§. 29.) und noch dazu sehr schwieriger und unsicherer Begriff. Man kann also jenen Begriff aus diesem nur in so fern ableiten, in wie fern die allgemeine Erfahrung mit diesem Begriffe zugleich jenen giebt: d. h. das Beharrungsvermögen der Körper ist sebst nur durch Erfahrung, also a posteriori erkennbar. Man überlege daher wenigstens nur so viel unbefangen, bey welchem Gange des Vortrags der Anfänger die Lehre vom Beharrungsvermögen besser, deutlicher und gründlicher fassen wird; ob bey dem metaphysischen, oder bey dem angekünstelten empirischen, wo man ihn auf die erste beste wirkliche Bewegung (z. B. den Flug eines Balls) aufmerksam macht, und ihm zeigt, wie sich in jeder Bewegung, sobald man alle Umstände gehörig analysirt, das Daseyn eines Beharrungsvermögens deutlich ausspricht. F."

§. 62. Die Trägheit der Materie ist also auch kein Hinderniß ihrer Beweglichkeit; und die Materie kann dadurch, daß sie träge ist, der bewegenden Kraft nicht Widerstand leisten, wenn sie aus Ruhe in Bewegung gesetzt werden soll. Der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, ist also ebenfalls ohne Sinn, und aus dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit abgeleitet, nach welchem man sie mit dem Widerstande der wirklichen, durch eine stetige Kraft sollicitirten Materie verwechselt hat, wenn diese aus Ruhe in Bewegung nach einer andern Richtung, als die ihr schon beywohnende stetige Kraft hat, gesetzt werden soll.

Auf dem mißverstandenen Begriffe von Trägheit beruhen auch die Einwürfe, die der sel. Gehler im Supplementbande seines physikalischen Wörterbuchs gegen verschiedene meiner Sätze gemacht hat. Dieser vortreffliche Gelehrte übersah, daß hier von einer in Abstracto genommenen Materie die Rede sey, die bloß als beweglich, und ohne daß die in der Wirklichkeit damit verbundene stetige Kraft der Schwere als auf sie wirkend gedacht wird. Eine schwere Kugel, die auf einer horizontalen Tafel ruhet, widersteht allerdings in horizontaler Richtung, aber nicht deßwegen, weil sie träge ist, sondern weil sie schwer ist. Die Tafel trägt zwar ihr Gewicht, hebt ja aber ihre Schwere

und den Druck nicht auf, den sie durch ihre Schwere verursacht. Sie widersteht, wenn wir hierbey auch von aller Friction, vom Widerstande der Luft u. dergl. abstrahiren, vermöge der Kraft der Schwere, weil sie von der verticalen Richtung, in welcher die Schwere sie treibt, und in welcher sie auch ihren Druck ausübt, abgelenkt werden soll. Man bedenke doch nur, daß die Bewegung der schweren Kugel auf der horizontalen Tafel eine wirkliche Centralbewegung ist. Der Widerstand der schweren Kugel in jeder andern Richtung, als die Richtung der Schwere ist, hebt die andere bewegende Kraft proportionirlich auf, so wie hinwiederum durch diese die Schwere verhältnißmäßig aufgehoben wird. Kurz, es sind hier nun zwey Kräfte wirksam, die einander entgegengesetzt sind; und (was man in der That nicht beherzigt hat) es würde die schwere Kugel bey ihrer Bewegung auf der horizontalen Tafel diese gar nicht mehr drücken, wenn sie darauf mit einer Geschwindigkeit bewegt würde, die der Endgeschwindigkeit ihres Falles durch den halben Halbmesser der Erde gleich wäre, weil alsdann, wie in der Folge gezeigt werden wird, ihre Fliehkraft der Schwere unter dem Aequator gleich wäre. — Den Widerstand, welchen die wirklichen Materien in der Welt vermöge einer wirkenden stetigen Kraft, die sie sollicitirt, leisten, kann man also nicht als Einwurf benutzen, um den Satz zu widerlegen, daß die Trägheit der Materie, im metaphysischen Sinne, keinen Widerstand derselben im Zustande der Ruhe begründe. So verfahren, heißt den Satz der Trägheit (Lex inertiae) durch den Satz der Gegenwirkung (Lex reactionis) umstoßen wollen.

§. 63. Die Materie, als bloßer Gegenstand äußerer Sinne, hat keine andern Bestimmungen, als die der äußern Verhältnisse im Raume, und erleidet also auch keine Veränderungen, als die ihr räumliches Verhältniß betreffen. In Ansehung dieser, als Wechsels der Ruhe mit der Bewegung, oder der Bewegung mit Ruhe, oder der einen Bewegung mit einer andern, muß eine Ursach Statt finden. Diese Ursach aber kann nicht innerlich seyn, denn die Materie hat keine schlechthin innern Bestimmungen. Folglich ist alle Veränderung einer Materie auf äußere Ursach gegründet.

§. 64. Hieraus folgt also das Gesetz der Trägheit: Ein jeder Körper beharret in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine andere Ursach genöthigt wird, diesen Zustand zu verlassen.

„Dieß ist Newtons erstes Grundgesetz der Mechanik. F."

§. 65. Jeder Körper, welcher sich bewegt, muß nothwendig an einander gränzende Theile des Raumes durchgehen, da er nicht zugleich in allen Theilen des Raumes auf einmal seyn kann. Die Länge dieses Raums, worin sich der Körper bewegt, heißt seine Bahn, oder sein Weg.

§. 66. Wenn sich bey einem Körper alle Theile durchaus auf einerley Weise bewegen, so braucht man auch nur die Bewegung eines einzigen Punktes zu betrachten; und jede Bewegung eines Körpers läßt sich also auch als Bewegung eines einzigen Punktes, folglich die Bahn des bewegten Körpers (§. 65.) als eine Linie ansehen. Die gerade Linie nach der Gegend, nach welcher ein bewegter Punkt entweder seinen ganzen Lauf hindurch, oder nur an einer einzelnen Stelle desselben fortgeht, heißt die Richtung (Directio) seiner Bewegung.

§. 67. Da ein bloß träger beweglicher Körper, eben weil er träge ist, seinen Zustand nicht von selbst ändern kann, so muß auch bey seiner Bewegung die Bahn, in der er vermöge seiner Trägheit beharret, immer geradlinig seyn, und seine Richtung muß unverändert seyn. Die Aenderung der Richtung ist Aenderung des Zustandes der Bewegung, worein der Körper nicht von selbst kommen kann, und so oft sie erfolgt, muß eine Ursach wirksam seyn, die sie hervorbringt. Aendert sich nun durch irgend eine Kraft die Richtung des bewegten Körpers alle Augenblicke und an jeder Stelle des Weges, so ist die Bewegung krummlinig (Motus curvilineus), und die Richtung wird an jeder Stelle der krummlinigen Bahn durch die Tangente der krummen Linie an dieser Stelle bestimmt.

§. 68. Der Raum, durch welchen sich die Körper bewegen, heißt auch das Mittel, das Mittelding (Medium). Hier nehmen wir ein solches an, das der Bewegung kein Hinderniß entgegensetzt und keinen Widerstand zu leisten vermag. Es heißt alsdann ein freyes oder lee-

tes Mittel (Medium vacuum, liberum), sonst aber widerstandleistendes (Medium resistens).

§. 69. Jede Bewegung setzt nicht allein einen Raum voraus, worin sie geschiehet (§. 65.), sondern auch eine Zeit. Wenn (Fig. 3.) die Punkte A und B aus einander liegen, und die Linie AB die Bahn eines Punktes vorstellt, so kann der Punkt, der sich von A nach B bewegt, nicht in A und B zugleich seyn. Der Augenblick, da er in A ist, ist verschieden von dem, da er in B ist. Dieß findet Statt, so klein auch die Entfernung des Punktes A von B ist. Die Dauer zwischen dem Uebergange des bewegten Punktes bey seiner steten Ortsveränderung aus einer Stelle seiner Bahn in die andere, ist die Zeit. Auch die kleinste Bewegung erfordert Zeit.

§. 70. Die gleichen Räume nun, die bey einer gleichförmigen Bewegung eines Körpers beschrieben werden, dienen, die Dauer irgend einer andern Bewegung, oder die Zeit zu messen.

So bedienen wir uns im gemeinen Leben der Bewegung der Sonne sowohl ihrer jährlichen, als ihrer täglichen, oder vielmehr der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Achse, zum Maaße der Zeit. Ein Jahr ist die Zeit, worin die Erde ihren Umlaufskreis um die Sonne beschreibt; ein Tag ist die Zeit, worin die Erdkugel eine ganze Umdrehung um ihre Achse vollendet. — Eine Stunde ist die Zeit, worin der Zeiger einer richtig gehenden Minutenuhr den ganzen Raum eines Kreises durchläuft; eine Minute ist die Zeit, worin eben dieser den 60sten Theil des Kreises beschreibt, u. s. w.

Bey den Astronomen heißt wahre Sonnenzeit (Tempus solare verum) die, welche vom wirklichen jährlichen Laufe der Sonne gemessen wird, der nicht gleichförmig ist; mittlere Sonnenzeit (Tempus solare medium, aequale) die, bey welcher eine mittlere, oder erdichtete Sonne angenommen wird, die ihre Bewegung im Kreise gleichförmig vollendet, und zwar in eben der Zeit, in der die wahre Sonne ihren ungleichförmigen Weg zurücklegt. — Der Sternentag (Tempus primi mobilis), der durch die immer gleichförmige Umdrehung der Erde um ihre Achse gemessen wird, gewährt uns ein beständiges, immer gleichförmiges Zeitmaaß.

§. 71. Die Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der Bewegung eines Körpers giebt den Begriff von der Geschwindigkeit (Celeritas, Velocitas) desselben. Sie ist ein relativer Begriff; und Geschwindigkeit läßt sich nur

angeben, wenn man eine gewisse Zeit oder einen gewissen Raum, worin die Bewegung eines Körpers gleichförmig geschieht, zur Einheit annimmt, und damit eine andere Bewegung vergleicht. Sie ist also der Raum, welchen ein Körper in einer zur Einheit angenommenen Zeit durchläuft, oder die Zeit, welche ein Körper braucht, um einen zur Einheit angenommenen Raum zu durchlaufen.

§. 72. Wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft, oder wenn seine Geschwindigkeit gleich bleibt, so nennt man seine Bewegung eine **gleichförmige Bewegung** (Motus aequabilis, uniformis). Ist aber die Geschwindigkeit des Körpers während der Bewegung nicht immer gleich, oder durchläuft er in gleicher Zeit ungleiche Räume, so heißt die Bewegung eine **veränderte** oder **ungleichförmige** (Motus variatus, inaequabilis). Dabey nehmen die in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume entweder ab, oder sie nehmen zu. Im erstern Falle heißt die veränderte Bewegung eine **verminderte** (Motus retardatus); im letztern eine **beschleunigte** (Motus acceleratus). Beyde können so seyn, daß die Geschwindigkeit in jedem gleich großen Zeittheile gleich stark oder ungleich stark wächst oder abnimmt, und daß also eine **gleichförmig beschleunigte** (Motus uniformiter acceleratus (oder vielmehr **gleichbeschleunigte**) oder **gleichförmig verminderte** (Motus uniformiter retardatus), oder daß eine **ungleichförmig beschleunigte** (Motus inaequabiliter acceleratus) oder **ungleichförmig verminderte** (Motus inaequabiliter retardatus) Statt findet.

„Ueber Erklärung des Begriffs der Geschwindigkeit (mit besonderer Hinsicht auf Erklärung der absoluten Kraft und gehörige Einleitung der Geschwindigkeitsscalen) vergl. man von Busse's Betrachtung der Wassersäulen-Maschinen. 1804. S. 67 und Cap. 6. §. 62. Kr."

§. 73. Aus der Vergleichung des Raums und der Zeit bey der gleichförmigen Bewegung der Körper fließen nun folgende Sätze:

1) Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich wie die durchlaufenen Räume, wenn die Zeiten gleich sind.

2) Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich verkehrt wie die Zeiten, wenn die zurückgelegten Räume gleich sind.

3) Die Geschwindigkeiten zweyer Körper überhaupt verhalten sich wie die Producte der Räume in die verkehrt gesetzten Zeiten, oder wie die Quotienten der Räume durch die Zeiten.

Es folgt hieraus weiter, daß die zurückgelegten Räume zweyer bewegten Körper im zusammengesetzten geraden Verhältnisse der Zeiten und Geschwindigkeiten sind; und daß endlich die Zeiten in einem Verhältnisse sind, das aus dem geraden der Räume und dem umgekehrten der Geschwindigkeiten besteht.

Wenn wir zweyer gleichförmig bewegten Körper Geschwindigkeiten C, c, ihre zurückgelegten Räume S, ſ, und die dazu verwandten Zeiten T, t, nennen: so ist
nach 1), wenn $T = t$, $C : c = S : ſ$,
nach 2), wenn $S = ſ$, $C : c = t : T$.

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper an, dessen Geschwindigkeit K heißt, und dessen bey seiner Bewegung zurückgelegter Raum dem des ersten Körpers $= S$, und die dazu verwandte Zeit der des zweyten $= t$ sey: so ist
für den ersten und dritten (weil $S = S$), $C : K = t : T$,
und für den dritten und zweyten (weil $t = t$), $K : c = S : ſ$,
folglich für den ersten und zweyten $C : c = St : ſT = \frac{S}{t} : \frac{ſ}{T}$

Es folgt hieraus weiter, daß $S : ſ = CT : ct$ sey; ferner, daß $T : t = \frac{S}{C} : \frac{ſ}{c}$ sey.

§. 74. Jede veränderte Bewegung (§. 72.) setzt nach dem Gesetze der Trägheit eine Ursach der veränderten Geschwindigkeit voraus, die im Augenblicke der Veränderung wirksam ist. Da nun jede veränderte Bewegung für jeden untheilbaren Augenblick, oder jeden unendlich kleinen Zeit-

theil, als eine gleichförmige angesehen werden kann, so können auch für diesen Augenblick Räume, Zeiten und Geschwindigkeiten durch die Gesetze der gleichförmigen Bewegung ausgedruckt werden. Oder man kann sich jede ungleichförmige Bewegung so vorstellen, als wenn sie in unendlich kleinen Zeiten gleichförmig wäre, und in jedem unendlich kleinen Zeittheile ein unendlich kleiner Theil des Raumes mit der unveränderten Geschwindigkeit zurückgelegt würde, welche der bewegte Punkt im Anfange dieses Zeittheilchens hatte. Wenn nun eine unveränderliche und stetige Kraft auf den Körper wirkt, und während seiner ganzen Bewegung zu wirken fortfährt, so muß er in eine gleichförmig beschleunigte Bewegung kommen (§. 72.) Die Geschwindigkeit, mit der er schon bey seiner Trägheit durch den ersten Impuls der Kraft fortgehen würde, muß durch die ununterbrochen fortdauernde Einwirkung der Kraft stetig zunehmen und wachsen, und die Zunahme dieser Geschwindigkeiten muß also in gleichen Zeiten gleich seyn. Hier wächst zwar nun in jedem noch so kleinen Zeittheilchen die Geschwindigkeit nach dem Gesetze der Stetigkeit, und die Geschwindigkeit ist in jedem folgenden Zeitpunkte schon größer, als im vorhergehenden; man kann aber annehmen, daß die Geschwindigkeit durch das ganze Zeittheilchen so groß bliebe, als sie im Anfang desselben war, und daß erst nach Endigung des Zeittheilchens der Zusatz der Geschwindigkeit urplötzlich hinzukäme, der eigentlich während des Zeittheilchens allmälig hinzukam. Diese am Ende des Zeittheilchens vom Anfang desselben an erlangte Geschwindigkeit kann man die **Endgeschwindigkeit** (Velocitas finalis) nennen.

§. 75. Die Endgeschwindigkeiten (§. 74.) müssen sich bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie die unendlich kleinen Zeittheile, oder, wie die Zeit vom Anfange der Bewegung an, verhalten, weil der bewegte Körper in einem jeden unendlich kleinen Zeittheile einen neuen Eindruck erhält, der sich mit dem bereits empfangenen vereinigt.

„Wenn wir zwey Endgeschwindigkeiten: v und V nennen, und die Zeiten, in welchen sie erlangt werden, t und T: so ist, weil v wie t wächst, v:V=t:T g."

§. 76. „Wenn man daher die Zeit einer solchen Bewegung in gleiche Theile theilt, so wächst die Zeit wie die natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, u. s. w., und eben so wachsen die Endgeschwindigkeiten. F."

§. 77. Wenn der Körper mit der Geschwindigkeit, die er bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung in einem endlichen und bestimmten Zeittheile erlangt hat, hernach gleichförmig fortginge, so würde diese Geschwindigkeit ihn in dem zweyten, dem ersten gleichen Zeittheile durch einen doppelt so großen Raum führen, als die in einem und demselben Zeittheile erhaltene zunehmende Geschwindigkeit. Der Raum wird sich also bey dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten, wie die Zeit mit der Hälfte der Endgeschwindigkeit multiplicirt; und der gleichförmig beschleunigte Körper wird in einer gegebenen Zeit nur halb so weit gehen, als ihn in eben der Zeit seine darin erlangte Endgeschwindigkeit geführt haben würde.

Man theile die endliche Zeit t einer solchen Bewegung in eine unendliche Anzahl i von Augenblicken. Da nun die Geschwindigkeiten in diesen Augenblicken wie die natürlichen Zahlen wachsen (§. 75. 76.), während jedes Augenblicks aber die Bewegung als gleichförmig betrachtet werden kann (§. 74.), so wachsen auch die Wege der einzelnen Augenblicke wie die natürlichen Zahlen. Ist also der unendlich kleine Weg des ersten Augenblicks σ, so ist der Weg des zweyten Augenblicks 2σ, der des dritten 3σ, der des vierten 4σ, u. s. f., also der des letzten (iten) $i\sigma$, also der Weg der ganzen Zeit t, $\sigma + 2\sigma + 3\sigma + 4\sigma + \cdots + i\sigma$. Dieß ist eine arithmetische Reihe, deren Summe $= \frac{1}{2}i\,(i\sigma + \sigma) = \frac{1}{2}i\,(i+1)\,\sigma$. Da aber i unendlich groß ist, so verschwindet 1 gegen i, und wir haben den gesuchten Weg $= \frac{1}{2}ii\sigma$. Wäre aber der Körper vom Anfang mit der Endgeschwindigkeit, die er nach Ablauf der Zeit t erlangt, gleichförmig gegangen, so hätte er in jedem Augenblicke den Weg $i\sigma$, folglich in i Augenblicken den Weg $ii\sigma$ gemacht, welches gerade noch einmal so viel als das vorige ist.

Da nun bey einer gleichförmigen Bewegung der Weg gefunden wird, wenn man die Geschwindigkeit mit der ganzen Zeit multiplicirt, so wird er bey einer gleichförmig beschleunigten Bewegung gefunden, wenn man die Endgeschwindigkeit mit der halben Zeit multiplicirt.

Sind also t und T zwey Zeiten, beyde gerechnet vom Anfang der Bewegung, s und S die in denselben zurückgelegten Wege, v und V die darin erlangten Geschwindigkeiten: so hat man $s = \frac{1}{2}vt$, und $S = \frac{1}{2}VT$; also $s : S = \frac{1}{2}vt : \frac{1}{2}VT = vt : VT$. F."

Diese Gesetze sucht man auch durch Hülfe eines rechtwinkligen Triangels anschaulich zu machen. Es zeigt (Fig. 4.) in dem rechtwinkligen Triangel AB die Zeit, und BC die in dieser Zeit erlangte Endgeschwindigkeit an. Die Höhe BA sey in Theile getheilt, die wir als unendlich klein und einander gleich annehmen, AD, DE, EF, u. s. f. Da BA die endliche und bestimmte Zeit ausdrückt, so wird jeder in dieser Höhe BA genommene Theil die unendlich kleinen Augenblicke vorstellen. Wenn wir nun aus den Theilungspunkten D, E, F, u. s. f. die Ordinaten Dd, Ee, Ff, u. s. f. ziehen, so wird jede Ordinate die in jedem unendlich kleinen Augenblicke erhaltene Geschwindigkeit vorstellen; und so wie eine durch eine stetige Kraft zunehmende Geschwindigkeit gleichförmig wächst, so wächst auch jede Ordinate gleichförmig, nach eben der Progression, 0, 1, 2, 3, 4, u. s. f. Wenn Dd den im ersten Augenblicke AD erhaltenen Grad der Geschwindigkeit ausdruckt, so wird Ee den Grad der Geschwindigkeit ausdrucken, der im zweyten Augenblicke DE erhalten worden. Weil aber Dd : Ee = AD : AE = 1 : 2, u. s. f., so werden sich also diese Endgeschwindigkeiten wie die Zeittheile verhalten (§. 75.), und die Endgeschwindigkeiten Dd, Ee, Ff, u. s. f. sich durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, u. s. f. vorstellen lassen (§. 76.). Die Wege jedes Augenblicks aber können durch die kleinen Flächen ADd, DdEe, EeFf u. s. f. vorgestellt werden: denn sind die Zeittheilchen unendlich klein, so ist z. B. der Raum FfGg von einem Rechteck unendlich wenig verschieden, weil Ff und Gg nur um eine unendliche Kleinigkeit verschieden sind. Daher ist FfGg = FG × Gg. Während des Augenblicks FG kann aber die Bewegung als gleichförmig angesehen werden (§ 74.); und dann ist der Weg gleich dem Producte der Zeit (FG) und der Geschwindigkeit (Gg), d. i. der Fläche FfGg. Addirt man nun die Wege der einzelnen Augenblicke ADd + DdEe + EeFf + u. s. f., so kann der Flächeninhalt des Dreyecks ABC den Raum vorstellen, der in der Zeit AB mit der stetig wachsenden Geschwindigkeit, die am Ende der Zeit durch BC ausgedruckt wird, beschrieben worden ist. Wenn nun die Geschwindigkeit, die am Ende der endlichen Zeit AB durch die Grundlinie BC des Triangels ABC ausgedruckt wird, nicht weiter zunähme, sondern nun der Körper in einer zweyten Zeit BK, die man der ersten AB gleich annimmt, gleichförmig fortginge, so würde die Geschwindigkeit dieses zweyten Zeitraums durch die Ordinaten eines Rechtecks BCKL von eben der Grundfläche und Höhe, als der Triangel ABC ist, vorgestellt werden. Da aber dieser Triangel nur die Hälfte des Rechtecks von eben der Grundfläche und Höhe ist, so ist auch die in einem endlichen und bestimmten Zeitraume erlangte Geschwindigkeit, die sich gleichförmig bleibt, doppelt so groß, als eine in demselben Zeitraume erlangte zunehmende Geschwindigkeit.

§. 78. Es folgt hieraus ferner, daß die Räume, welche ein Körper bey dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung in verschiedenen gleich großen endlichen Zeittheilen

hinter einander zurücklegt, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f. wachsen, oder er wird im zweyten Zeittheile 3mal, im dritten 5mal u. s. w. so vielen Raum zurücklegen, als im ersten Zeittheile.

Wenn AD, DE, EF (Fig. 4.) jetzt endliche Zeittheile vorstellen, so ist der im zweyten Zeittheile DE zurückgelegte Raum, = dem Trapezio DdEe, 3mal so groß, als das Dreyeck ADd; und der im dritten Zeittheile EF beschriebene Raum des Trapezii EeFf ist 5mal so groß, als ADd, u. s. f.

Im ersten Zeittheile AD nehmlich beschrieb der Körper durch die wachsende Geschwindigkeit den Raum = ADd. Die am Ende dieses Zeittheils erhaltene Endgeschwindigkeit Dd würde den Körper in dem folgenden gleichgroßen Zeittheile Dd durch einen noch einmal so großen Raum DdEx führen (§. 77.), oder der Körper würde bey seiner Trägheit gleichförmig fortgehen; aber die stetige Kraft wirkt während dieses zweyten Zeittheils auf ihn fort, und bringt ihm wiederum so viel neue Geschwindigkeit während dieses zweyten Zeittheils hinzu, als im ersten, so daß er auch noch außer dem Raume DdEx, den er bey seiner Trägheit allein durchlaufen würde, den Raum dxe durchlaufen muß. Er legt also in dem zweyten Zeittheile einen 3mal so großen Zeitraum zurück, als im ersten. Am Ende des zweyten Zeittheils wird der Körper die Endgeschwindigkeit Ee haben, und bey seiner Trägheit darin beharren. Er würde im dritten Zeittheile den Raum FeFo zurücklegen: aber während dieses dritten Zeittheils wirkt die stetige Kraft auf ihn fort, und bringt ihm einen Zusatz von Geschwindigkeit bey, so daß er noch außerdem durch den Raum eof = ADd geht, und also im dritten Zeittheile einen Raum beschreibt, der durch das Trapezium EeFf = 5mal ADd ausgedruckt wird, u. s. f.

§. 79. Es verhalten sich diesemnach die Räume, welche vom Anfange der gleichförmig beschleunigten Bewegung an zurückgelegt werden, wie die Quadrate der Zeiten vom Anfange der Bewegung an, oder wie die Quadrate der erlangten Endgeschwindigkeiten (§. 75.).

Es wächst also s wie v^2 oder wie t^2; also ist $S : s = V^2 : v^2 = T^2 : t^2$.

Wenn nehmlich der Raum im ersten Zeittheile = 1 gesetzt wird, so wird er bey dieser beschleunigten Bewegung im zweyten Zeittheile allein = 3, im dritten Zeittheile allein = 5, u. s. f. seyn (§. 78.); folglich wird er in den zwey ersten Zeittheilen zusammen $1 + 3 = 4$, in den drey ersten Zeittheilen zusammen $1 + 3 + 5 = 9$ ausmachen. 4 und 9 sind aber die Quadratzahlen von 2 und 3, oder von den Zeiten vom Anfange der Bewegung an.

Wenn der nach dem ersten Zeittheile AD (Fig. 4.) beschriebene Raum = ADd = 1 ist, so wird der durch gleichförmig beschleunigte Bewegung nach zwey Zeittheilen AD + DE beschriebene Raum = AEe = 4mal ADd, und der nach drey Zeittheilen AD + DE + EF zurückgelegte Raum = AFf = 9mal ADd seyn, u. s. f. Oder es verhält sich das Dreyeck AEe zum Dreyeck ADd, wie $AE^2 : AD^2 = Ee^2 : Dd^2$.

§. 80. Die stetige Kraft, welche die beschleunigte Bewegung der Masse hervorbringt, heißt, in so fern sie auf alle Theile der Masse zusammen gleichförmig wirkt, die bewegende Kraft (Vis motrix); die beschleunigende Kraft (Vis acceleratrix) hingegen, in so fern sie auf jeden einzelnen Theil der Masse wirkt. Jene ist also das Product der beschleunigenden Kraft in die Quantität der Masse, die davon afficirt wird.

„Wenn zwey ungleiche Massen, z. B. von 5 Pfund und 7 Pfund, gleich stark beschleunigt werden sollen, so sind dazu offenbar Kräfte erforderlich, welche sich wie die Massen verhalten: denn alsdann wird 1 Pfund der einen Masse gerade so stark zur Bewegung getrieben, wie 1 Pfund der andern Masse, woraus gleiche Beschleunigung entspringen muß. Daher unterscheidet man die bewegende Kraft, d. i. die gesammte Kraft, welche auf eine Masse wirkt, von der beschleunigenden, d. i. von dem Theile der gesammten Kraft, der auf einen beliebigen zur Einheit angenommenen Theil der Masse wirkt. Heißt diese F, die Masse M, und die bewegende Kraft P, so sieht man leicht, daß P = MF seyn werde."

„Ein Maaß für beyde Kräfte läßt sich durch folgende Betrachtung finden. Wenn gleiche Massen durch ungleiche Kräfte beschleunigt werden, so erhalten sie in jedem Augenblick Zusätze an Geschwindigkeit, welche sich wie die beschleunigenden Kräfte verhalten. Man betrachtet daher die Geschwindigkeit, welche ein Körper am Ende der ersten Zeiteinheit (z. B. der 1sten Secunde) hat, als das Maaß seiner beschleunigenden Kraft; und da wir oben diese Kraft F genannt haben, so wollen wir auch die eben gedachte Geschwindigkeit so nennen.

Nun lege ein gleichförmig beschleunigter Körper in den Zeiten t, T die Wege s, S zurück und erhalte die Endgeschwindigkeiten v, V, so sind oben folgende Proportionen erwiesen: 1) v : V = t : T (§. 75.); 2) s : S = tt : TT (§. 79.); woraus folgt 3) s : S = vv : VV. Nun sey t = 1, so ist v = F (zu Folge des eben erklärten); und weil der Weg gefunden wird: wenn man die Endgeschwindigkeit (F) mit der halben Zeit ($\frac{1}{2}$ Secunde) multiplicirt, so ist s = $\frac{1}{2}$F. Hierdurch verwandeln sich unsere drey Proportionen in folgende: 4) F : V = 1 : T; 5) $\frac{1}{2}$F : S = 1 : TT; 6) $\frac{1}{2}$F : S = FF = VV. Wenn man in diesen drey Proportionen die äußern und mittlern Glieder multiplicirt, so erhält man für die gleichförmig beschleunigte Bewegung folgende drey Fundamental-Gleichungen: 7) V=FT; 8) S=$\frac{1}{2}$FTT; 9) $\frac{1}{2}$VV=SF, wo man beliebig F auslegen kann, entweder als die Geschwindigkeit am Ende der ersten Secunde, oder als die beschleunigende Kraft. Multiplicirt man beyde Glieder jeder Gleichung mit M, und setzt dann P statt MF, so erhält man folgende drey Formeln, die statt der beschleunigenden Kraft die bewegende nebst der Masse enthalten: 10) MV = PT; 11) MS = $\frac{1}{2}$PTT; 12) $\frac{1}{2}$MVV = PS.

Es ist in der Analysis sehr gewöhnlich, beständige Factoren oder Divisoren wegzulassen, weil so die Formeln einfacher werden, in der Anwendung aber die beständigen Größen leicht hergestellt werden

können. Man stelle sich vor, als ob das Zeichen = nicht absolute Gleichheit, sondern nur Proportionalität anzeigt. In diesem Sinne kann man in den Formeln 8, 9, 11 und 12 den Factor $\frac{1}{2}$ weglassen. S."

§. 81. Eine oder mehrere Kräfte, die nur nach einerley Richtung wirken, können den Körper auch nur nach der geraden Linie bewegen. Die Bewegung, wo ein Körper durch eine Kraft nur nach einerley Richtung getrieben wird, heißt eine einfache Bewegung (Motus simplex); und man sieht leicht ein, daß jede einfache Bewegung stets geradlinig seyn müsse.

§. 82. Kräfte, die auf verschiedene bewegliche Punkte wirken, heißen gleiche Kräfte, wenn sie ihnen gleiche Geschwindigkeit ertheilen.

Hier, wo nur von beweglichen Punkten die Rede ist, wird die Gröse der Bewegung nur aus der Geschwindigkeit ermessen. Bey Körpern, die durch eine stetige Kraft zum Widerstande sollicitirt werden, muß die Masse allerdings mit zum Maaß der Gröse der Bewegung genommen werden.

§. 83. Zwey gleiche Kräfte (§. 82.), die zu gleicher Zeit auf einen beweglichen Punkt nach entgegengesetzten Richtungen wirken, heben sich einander auf, und verursachen keine Bewegung.

Anwendung auf Segners hydraulische Maschine, die in der Folge weiter angezeigt werden wird. Bringt man je zwey Oeffnungen der vier Seitenarme dieser Maschine gegen einander über, so wird sie durch das ausströmende Wasser nicht bewegt.

§. 84. Wenn zwey ungleiche Kräfte zu gleicher Zeit nach entgegengesetzter Richtung auf einen beweglichen Punkt wirken, so erfolgt die Bewegung nach der Richtung der größern Kraft, und zwar mit der Differenz beyder Kräfte. Hier ist die Bewegung ebenfalls nur einfach, denn sie erfolgt nur nach der Richtung einer einzigen Kraft.

Anwendung auf die vorige Maschine, an der die Oeffnungen von drey Seitenarmen nach einerley, die Oeffnung des vierten Armes nach der entgegengesetzten Richtung gestellt ist.

§. 85. Wenn die Richtung der bewegenden Kräfte einander nicht entgegengesetzt ist, so müssen sie einen Winkel ein-

ausschliessen. Da nun ein Körper, der von beyden zugleich getrieben wird, weder nach beyden zugleich gehen, noch ruhen kann; so muß er sich nach einer dritten Richtung bewegen. Man sieht leicht ein, daß dieß die Diagonallinie des Parallelogramms seyn werde, von welchem beyde Richtungen einen Winkel einschließen, und daß er jene in eben der Zeit durchlaufen werde, welche er gebraucht hätte, wenn er durch jede einzelne Kraft die einzelnen Linien durchlaufen wäre, die den Winkel einschließen.

„Zwey Bewegungen kann ein Körper auf keine andere Art zugleich erhalten, als wenn man ihm die eine in einem beweglichen Raume, die andere aber diesem beweglichen Raum zusammt dem Körper ertheilt. Wer quer über das Verdeck eines Schiffes geht, hat zwey Bewegungen: eine, die er auf dem Schiffe macht, die andere, die das Schiff mit ihm auf dem Strome macht. Soll also ein Körper in A (Fig. 5.) durch zwey Kräfte zwey Bewegungen AB und AC auf einmal erhalten, so ist dieß nur auf diese Art möglich, daß er die eine Bewegung (z. B. AB) in der Linie AB macht, die andere Bewegung aber diese Linie selbst zusammt dem Körper macht, indem sie, in immer paralleler Richtung, aus der Lage die sie zuerst hatte in die Lage CD in eben der Zeit fortrückt, in welcher der Körper auf seiner Linie von A bis B fortrückt. Man sieht leicht ein, daß er nach Ablauf der ganzen Zeit in D, nach Ablauf der halben Zeit in der Mitte der Diagonale AD, und überhaupt während der ganzen Zeit immer in dieser Diagonale seyn, und auf ihr gleichförmig fortrücken werde."

§. 86. Die Bewegung des Körpers heißt in diesem Falle eine zusammengesetzte Bewegung (Motus compositus), und man versteht unter derselben überhaupt eine jede Bewegung eines Körpers, der von zwey oder mehrern Kräften zugleich getrieben wird, deren Richtungen nicht in einerley gerade Linien fallen. Die beyden Kräfte, deren Richtungen einen Winkel einschließen, heißen die äußern Kräfte; die Bewegung durch die Diagonallinie sieht man als durch eine mittlere Kraft hervorgebracht an.

§. 87. Das Gesetz der zusammengesetzten Bewegung heißt diesemnach: Wenn ein beweglicher Punkt von zwey Kräften zugleich nach der Lage der Seiten eines Parallelogramms getrieben wird, so durchläuft er die Diagonallinie desselben in eben der Zeit, worin

er die einzelnen Seiten durchlaufen wäre, welche die Richtungen der beyden Kräfte vorstellen.

Bestätigung durch Versuche mit der Eberhardischen Diagonalmaschine; Anwendung auf ein an beyden Ufern gezogenes Schiff; („bey der bey windiger Luft aus einem Schornstein aufsteigenden Rauchsäule Kr.") Anwendung auf den Fall eines Körpers von dem Mastbaum eines Schiffes, das in vollem Segeln ist, u. dergl. Anwendung zur Widerlegung eines Einwurfs gegen die Umdrehung und Bewegung der Erde.

§. 88. Wenn die Länge der beyden Seitenlinien AB, AC (Fig. 5.) die Größe der Kräfte, die zu gleicher Zeit auf den beweglichen Punkt wirken, oder ihre Geschwindigkeit, und die Neigung derselben gegen einander ihre Richtung ausdruckt, so druckt die Diagonale AD des Parallelogramms, das auf diese Linien errichtet ist, die Größe der Kraft oder die Geschwindigkeit aus, welche aus den sie zusammensetzenden Kräften und aus ihrer gleichzeitigen Wirkung entspringt.

§. 89. Da die Diagonale eines Parallelogramms nie so groß seyn kann, als die Summe seiner beyden Seiten, so muß auch die durch diese Zusammensetzung entstandene mittlere Kraft (§. 86.) oder Geschwindigkeit kleiner seyn, als die Kraft oder Geschwindigkeit, welche aus den beyden äußern Kräften entstanden wäre, wenn sie unmittelbar hinter einander gewirkt hätten. Der Raum, welchen der Körper bey dieser Art der zusammengesetzten Bewegung durchläuft, ist also nie so groß, als die Summe der beyden Räume der einzelnen Bewegungen gewesen seyn würde.

§. 90. Der bey der zusammengesetzten Bewegung durchlaufene Raum ist desto größer, je kleiner der Winkel wird, welchen die Richtungen der einzelnen Kräfte einschließen, oder je mehr sie conspiriren; desto kleiner, je größer dieser Winkel wird, oder je mehr sie divergiren.

Je kleiner nehmlich der Winkel CAB (Fig. 5.) der Seitenkräfte wird, desto weniger sind sich diese entgegengesetzt, und desto mehr wird also auch ihre Wirkung conspiriren; und je größer der Winkel wird, desto mehr werden die Seitenkräfte sich einander entgegengesetzt, desto größer wird der Verlust derselben seyn.

Wenn wir GF und GH (Fig. 6.) eben so groß nehmen, als vorher AB und AC (Fig. 5.), aber sie unter einem kleinern Winkel zusammen

auf den beweglichen Punkt wirken lassen, so wird die Diagonale GD größer werden, als vorher AD (Fig. 5) war; und wenn eben diese Kräfte HG und HD=GF (Fig 6.) unter einem größern Winkel zusammen auf den beweglichen Punkt wirken, so wird die Diagonale HF, die er durchläuft, kleiner werden, als AD (Fig. 5.).

§. 91. Jede einfache Bewegung (§ 81.) läßt sich ansehen, als ob sie von zwey Kräften hervorgebracht wäre, deren Richtungen einen Winkel einschließen, und von deren gemeinschaftlichen Wirkungen die durch die einfache Kraft hervorgebrachte Richtung die mittlere wäre, da es erlaubt ist, jede gerade Linie als die Diagonale eines Parallelogramms sich vorzustellen. Es läßt sich also eine jede Kraft in zwey andere gleichwirkende zerlegen.

§. 92. Wenn ein beweglicher Punkt durch drey oder mehrere Kräfte getrieben wird, die nach verschiedenen, nicht entgegengesetzten Richtungen auf ihn wirken: so kann man den Weg finden, den er bey seiner Bewegung nimmt, wenn man erst zwey davon zusammensetzt, die daraus entstandene zusammengesetzte Bewegung als eine einfache betrachtet, und mit der dritten wieder zusammensetzt, u. s. w.

Gesetzt, ein beweglicher Punkt wird (Fig 7.) durch die Kräfte AB, AC, AD und AE zu gleicher Zeit sollicitirt, so kann man erst AB und AC zusammensetzen, und die gefundene mittlere Kraft Af als eine gleichwirkende einfache ansehen, diese wieder mit der aus AD und AE zusammengesetzten Ag zusammensetzen, und aus diesen beyden Kräften Af und Ag die Richtung und Größe der Kraft bestimmen, welche alle vorigen einfachen Kräfte zusammengenommen hervorbrachten, indem man die Diagonale AK des Parallelogramms AfgK zieht, wovon die beyden gefundenen Kräfte Af und Ag die Seitenlinien ausmachen.

§. 93. Ein beweglicher Punkt bewegt sich gegen eine Fläche gerade, wenn seine Directionslinie auf der Fläche senkrecht steht; wenn hingegen diese mit der Fläche einen schiefen Winkel macht, so nennt man die Bewegung eine schiefe. Der Stoß an eine Kugel geht also gerade (directe), wenn die Directionslinie desselben verlängert durch den Mittelpunkt der Kugel geht; in den übrigen Fällen geht er schief (oblique).

§. 94. Die Kraft, welche in einer schiefen Direction auf eine Fläche wirkt, kann, wie eine jede einfache Kraft überhaupt (§. 91.), als eine aus zwey andern zusammen-

gesetzte Kraft betrachtet werden, wovon eine auf der Fläche senkrecht steht, die andere aber mit der Fläche parallel fortläuft.

Wenn eine Kraft in der schiefen Direction CD (Fig. 8.) auf die Fläche AB wirkt, so wird sie nicht mit der Intensität darauf wirken, als wenn sie senkrecht auf AB stünde. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) besteht CD aus der Kraft CE und CA = ED. CE geht parallel mit AB, hat also darauf keine Wirkung; folglich wirkt nur die Kraft ED nach der Direction ED, und die Größe dieses wirkenden Theils verhält sich zur unverminderten Kraft, wie ED : CD. Je kleiner der Winkel CDA wird, welchen CD mit AB macht, desto kleiner wird die Größe der Wirkung von CD werden: denn desto kleiner wird ED, und umgekehrt.

§. 95. Jede Wirkung der bewegenden Kraft geschiehet nur nach der Perpendikellinie, die von ihr auf die Fläche des Beweglichen gezogen werden kann; und bey einer schiefen Richtung wirkt nur ein Theil der Kraft.

Anwendung hiervon auf das Billard; auf die Bewegung eines Schiffes, dem der Wind nicht ganz günstig ist; auf die Bewegung der Flügel einer Windmühle, die schief gegen den Wind stehen.

Es sey (Fig. 9) eine Kugel AFG im Durchschnitt durch ihren Mittelpunkt c vorgestellt. Sie erleide auf ihrer Peripherie in A einen Stoß nach der Direction AB, so daß AB auch die Größe und Geschwindigkeit der Kraft ausdrucke. Die Kugel wird sich keineswegs in dieser Richtung bewegen, indem AB schief auf der Fläche derselben steht, wie alle Linien, welche nicht nach dem Mittelpunkt der Kugel zu gerichtet sind. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) können wir AB zerlegen in AM und AD. Die letztere läuft nach der Richtung der Tangente von A, tAD; sie kann also die Kugel nicht in Bewegung setzen und nicht darauf wirken, welches nur von AM geschehen kann, die auf der Kugel senkrecht ist, weil sie nach c, dem Mittelpunkte der Kugel zu gerichtet ist. Die Bewegung der Kugel geschiehet also nach M, und immer nach einer Richtung, die auf dem Punkte des Eindrucks der Kraft senkrecht ist. Die Kraft AB leidet bey dieser schiefen Richtung ebenfalls einen Verlust, d. h. ihre Wirkung ist nicht so groß, als bey der senkrechten, und die Größe, mit der sie wirkt, verhält sich zu ihrer unverminderten Größe wie AM : AB. Sie wirkt nur mit dem Theil der Kraft, der in ihrer Senkrechtheit enthalten ist.

§. 96. Nach den bisher betrachteten Arten der Bewegung, sowohl der einfachen, als der zusammengesetzten, muß der bewegte Punkt einen Weg zurücklegen, der eine gerade Linie ist, und diese geradlinige Bewegung (Motus rectilineus) bey seiner Trägheit so lange behalten, bis eine andere Ursach ihn daraus versetzt. Wenn also ein Körper

krummlinige Bewegung (Motus curvilineus) hat, so muß wenigstens noch eine Kraft wirksam seyn, die ihn von seiner geradlinigen Bahn ablenkt; und diese Kraft muß stets und in jedem Augenblicke wirksam seyn, sonst würde der Körper nach der Tangente seiner Bahn geradlinig fortgehen.

§. 97. Jede krummlinige Bewegung ist also eine zusammengesetzte Bewegung; und sie erfolgt, wenn ein nach geradliniger Bahn durch eine Kraft getriebenes Bewegliches durch eine andere stetige Kraft nach einem unveränderlichen Punkte abgelenkt wird, der außerhalb der Richtung seiner Bewegung liegt. Da die Richtungen beyder Kräfte einen Winkel einschließen, so kann man sich vorstellen, daß die Bewegung nach der Diagonallinie eines Parallelogramms erfolge, daß diese Diagonallinie aber unendlich klein sey, und daß dieserhalb das Bewegliche in jedem Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonallinie beschreiben müsse, indem die Kraft, die es nach einem Punkte treibt, stetig seyn soll, folglich es in allen Augenblicken von der geradlinigen Bahn ablenkt, die es, sich selbst überlassen, fortgehen würde.

Beyspiel an einer Schleuder.

Es befinde sich ein beweglicher Punkt in A (Fig. 10.), und werde durch irgend eine Kraft in der Richtung Aa getrieben, so daß Aa auch die Geschwindigkeit, oder den Raum in der Zeiteinheit angiebt; zu gleicher Zeit werde A durch eine andere Kraft nach C zu sollicitirt, und diese Kraft sey so groß, daß sie A allein, in eben der Zeit, da er Aa zurücklegt, durch Aα führen würde. Es ist aus dem Vorhergehenden klar, daß der Körper A hier die Diagonale AB des auf die Linie Aa und Aα gesetzten Parallelogramms durchlaufen werde. Wenn er in B angelangt ist, und nun keine andere Kraft weiter auf ihn wirkte, so würde er in einer gleichförmigen Bewegung fortgehen, und in der Zeiteinheit Bb = AB zurücklegen. Aber bey seiner Ankunft in B soll die Kraft, die ihn nach C zu sollicitirt, abermals wirksam werden, und ihn eben so stark nach C zu beschleunigen, als da er in A war: also wird er wieder in dieser zweyten Zeiteinheit die Diagonale BD des Parallelogramms beschreiben, das auf die Seitenlinien Bβ und Bb aufgesetzt ist. In der dritten Zeiteinheit würde er, sich selbst überlassen, durch Dd = BD gleichförmig fortgehen; aber in D treibt ihn eine Kraft wieder nach C mit einer Größe Dγ = Aα, und er durchläuft so in diesem dritten Zeit die Diagonale DE des Parallelogramms DdγE, u. s. f.

Der Weg des Punktes ist also unter diesen Voraussetzungen die gebrochene Linie ABDE. Wenn aber die Kraft Aα nicht unterbrochen und bloß in A, B und D, sondern stetig wirkt, und also A in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen von der geraden Linie A ablenkt, so beschreibt

er alle Augenblicke eine unendlich kleine Diagonale AB, oder er hat alle Augenblicke eine andere Richtung: folglich beschreibt er eine gegen C hohle krumme Linie.

§. 98. Am Ende jedes einzelnen Augenblicks befindet sich bey dieser krummlinigen Bewegung das Bewegliche in der Richtung der Tangente, die durch den Punkt gezogen werden kann, in welchem er am Ende dieses Augenblickes ist; und nach der Richtung dieser Tangente sucht es jeden Augenblick zu entfliehen.

Wenn der bewegliche Punkt A (Fig. 10.) durch eine Kraft nach der Richtung Aa getrieben, und durch eine andere Kraft Aα von dieser Richtung stetig abgelenkt wird, so wird AB eine krumme Linie, wie in Fig. 11. Ab es ist, die durch die stetige Wirkung der Kraft Aa auf den Körper, der nach AB sich zu bewegen getrieben wird, nach C zu hervorgebracht wird. Befindet sich nun der Körper in B (Fig. 10.), so sucht er in der Richtung der Tangente Bb, die auf den Punkt B gezogen werden kann, nach b zu entfliehen; eben so auch, wenn er in D angelangt ist, nach der Richtung der Tangente Dd, u. s. f.

§. 99. Die Kraft, welche das Bewegliche stetig von der Richtung der Tangente zu der durchlaufenen krummen Linie zurückbringt, heißt die Centripetalkraft (Vis centripeta); die Bewegung selbst heißt auch Centralbewegung (Motus centralis), und der Punkt, nach welchem das Bewegliche stets abgelenkt oder gezogen wird, der Mittelpunkt der Kräfte (Centrum virium).

§. 100. Weil die zusammengesetzte Bewegung eines Punkts durch den Bogen Ab (Fig. 11.) zerlegt werden kann in die Kraft, die den Körper in der Direction AB sollicitirt, welche die Tangente des krummen Elements Ab oder des Punkts A ist, und in die Kraft, die ihn nach der Richtung AC sollicitirt; so nennt man jene Kraft die Tangentialkraft (Vis tangentialis), diese die Centripetalkraft (Vis centripeta). Die Tangentialkraft AB läßt sich, wie jede einfache Kraft, als zusammengesetzt annehmen, als ob sie aus bA und bB bestünde. Der Theil bB der Tangentialkraft AB, der in der Richtung des Radii BC ist, heißt die Centrifugalkraft (Vis centrifuga). Dieser Theil ist der Centripetalkraft Aa gleich und entgegengesetzt; und der

übrige Theil Ab ist es, welcher macht, daß der Körper in der Bewegung beharrt. Die Wirkung der Centripetalkraft wird durch die Linie Bb ausgedruckt, durch welche der Körper von der Tangente AB weggezogen wird; und diese Linie Bb ist der Raum, welchen der Körper in der gegebenen Zeit, da er den Bogen AB zurücklegt, durch die Wirkung der Centripetalkraft allein durchlaufen würde. Diese Centripetalkraft und Centrifugalkraft zusammen nennt man die Centralkräfte (Vires centrales).

§. 101. Es ist also eine doppelte Kraft nöthig, wenn ein Körper in einer krummen Linie bewegt werden soll, eine Central- und eine Tangentialkraft, wovon jede, wenn die andere aufhörte, ihre ganze Wirkung verrichten würde. Wenn die Tangentialkraft plötzlich nachließe, so würde der Körper durch die Centralkraft nach dem Mittelpunkte der Kräfte C (Fig. 11.) geführt werden; und wenn die Centralkraft auf einmal aufhörte, so würde der Körper in seiner Richtung nach der Tangente fortgehen.

* * *

Wegen der so wichtigen Anwendung, die man von der Lehre von den Centralbewegungen und Centralkräften in der Physik machen kann, und ohne welche sich die Lehre von der Bewegung der Himmelskörper schlechterdings nicht gründlich vortragen und erlernen läßt, halte ich es für nöthig, hier etwas mehr davon beyzubringen. Man kann es nach Gefallen beym Vortrag überschlagen, oder weiter erläutern.

(„Die folgenden Sätze sind im Original meistentheils aus van Swinden's Positiones physicae genommen. Ich habe aber nöthig gefunden, größtentheils sowohl den Ausdruck, als die Beweise abzuändern. F.")

a) Die bey den Centralbewegungen aus dem Mittelpunkte der Kräfte C (Fig. 10.) in den beweglichen Punkt auf der krummlinigen Bahn gezogenen Linien CA, CB, CD u. s. f. heißen die Radii vectores; der Raum ACB, CBD, u. s. w. zwischen zweyen Radii vectores AC und CB, CB und CD, u. s. w. und dem Bogen AB, BD, u. s. w., den sie einschließen, und den das Mobile in der gegebenen Zeit durchläuft, der Flächenraum (Area), welchen der bewegliche Punkt mit dem Radius vector durchläuft. Die bey einer Centralbewegung in der krummlinigen Bahn vom beweglichen Punkte mit seinen Radii vectores beschriebenen Flächenräume verhalten sich wie die Zeiten, in denen sie durchlaufen worden sind.

„Es sind nehmlich die Dreyecke CAB, CBD, CDE u. s. w., so viel derer seyn, und wie groß AB, BD, DE u. s. w. seyn mögen,

einander gleich. Denn Dreyeck CBD = Dreyeck CBb (weil sie gleiche Grundlinien AB = Bb, und eine gemeinschaftliche Spitze C, also gleiche Höhe haben); ferner Dreyeck CBb = Dreyeck CBD (weil sie BC als Grundlinie gemein haben, und zwischen Parallelen BC bD stehen): folglich ist Dreyeck CAB = Dreyeck CBD. Auf die nehmliche Art beweist man, daß Dreyeck CBD = Dreyeck CDE, u. s. f. Da diese Schlüsse gültig bleiben, auch wenn AB, BD, DE unendlich klein, also ABDE eine krumme Linie wird; so ist klar, daß der Radius vector jederzeit in gleichen Zeiten gleiche Flächen durchläuft, folglich die Zeit irgend einer Centralbewegung allezeit durch den zurückgelegten Flächenraum, oder umgekehrt vorgestellt wird.

2) **Die Geschwindigkeit eines Körpers in jedem Punkte der krummen Bahn ist im umgekehrten Verhältnisse der Perpendikellinie aus dem Mittelpunkte der Kräfte auf die Tangente der krummen Linie an diesem Punkte gezogen.**

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhält sich die Geschwindigkeit wie die Räume AB, BD, DE, u. s. w. (Fig. 10.), oder wie die Grundlinie der Dreyecke ACB, BCD, u. s. w. Da nun diese Dreyecke gleichen Inhalts sind (1), so verhalten sich die Grundlinien wie die Höhen, oder wie die Perpendikel, aus dem Mittelpunkte der Kräfte C auf sie gezogen; folglich verhält sich auch die Geschwindigkeit so.

Weil ferner die Grundlinien derselbigen Dreyecke sich verhalten, wie die doppelten Flächenräume derselbigen, durch jene Perpendikel getheilt, so verhalten sich auch die Geschwindigkeiten gerade wie die Flächenräume, die in gleichen Zeiten durchlaufen sind, und umgekehrt, wie jene Perpendikellinie; oder wenn die Geschwindigkeit c, der Flächenraum a, das Perpendikel p heißt, so ist

$$c = \frac{a}{p}.$$

Wenn die Centralkraft stetig angenommen wird, so verwandelt sich ABDE (Fig. 10.) in eine gegen den Mittelpunkt der Kräfte C hohle krumme Linie, und ABh wird die Tangente des Bogens BD in B. Nehmen wir nun die Zeit unendlich klein, so wird das Element des Bogens Ab (Fig. 11.) mit der geraden Linie AB selbst für einerley gehalten werden können. Der Flächenraum ACb wird den Zeiten der Bewegung proportional seyn (1), und so werden sich auch die Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten der krummen Linie umgekehrt, wie die Perpendikel aus dem Mittelpunkte der Kräfte auf die Tangente, verhalten, oder sie werden sich verhalten directe, wie die in gleichen Zeiten durchlaufenen Flächenräume, und umgekehrt wie jene Perpendikellinie.

3) **Bey der Kreisbewegung ist die Geschwindigkeit in allen Punkten gleich, oder die Bewegung eines im Kreise bewegten, und durch eine nach dem Mittelpunkte des Kreises wirkende Centripetalkraft getriebenen Körpers ist gleichförmig.**

Die vom Radius vector beschriebenen Flächenräume sind in gleichen Zeiten gleich groß (1). Dieser Satz gilt für alle Centralbewegungen. Bey der Bewegung im Kreise sind diese Flächenräume

Sectoren des Kreises, denen, wenn sie gleich sind, gleiche Bogen des Kreises zugehören. Da bey dem Kreise die Perpendikellinie auf die Tangente aus dem Centro dem Halbmesser oder dem Radius vector gleich ist, die Radii aber in dem Kreise sich alle gleich sind, so wird auch die Geschwindigkeit allenthalben gleich, folglich die Bewegung gleichförmig seyn.

4) Je mehr sich die krummlinige Bahn dem Kreise nähert, desto mehr kommt die Bewegung der Gleichförmigkeit nahe.

5) In allen krummlinigen Bahnen ist die Geschwindigkeit in den dem Mittelpunkte der Kräfte näher liegenden Stellen größer, als in den mehr davon entfernt liegenden Stellen.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus 2.

6) „Die Umlaufszeit (tempus periodicum) bey der Centralbewegung heißt die, welche der Körper braucht, die ganze Bahn zu vollenden."

7) „Die Umlaufszeit verhält sich zu der Zeit, die zum Durchlaufen eines Bogens verwendet wird, wie der Flächenraum der Bahn zum Flächenraume des Sectors, welchen der Radius vector beschrieben hat."

„Dieser Satz folgt aus 1."

8) „Die Gestalt der Bahn kann unendlich verschieden seyn. Schon die Geschwindigkeit und Richtung des ersten Anstoßes, wodurch der Körper bestimmt wird, nicht gegen den Mittelpunkt der Centralkraft, sondern seitwärts zu gehen, ändert die ganze Gestalt der Bahn ab, noch mehr aber das Gesetz, nach welchem die Centralkraft wirkt. Im Allgemeinen kann dieses Gesetz unendlich mannigfaltig seyn. Man kann sich eine Kraft denken, welche in alle Entfernungen gleich stark wirkt. Man kann sich die Kraft mit der Entfernung abnehmend denken, und alsdann wieder auf unendlich mannigfaltige Art, z. B. verkehrt wie die Entfernung selbst, oder wie die Quadrate, oder der Würfel derselben u. s. w. Endlich kann man sich auch eine Centralkraft mit der Entfernung zunehmend vorstellen, und dieß auf eben so unendlich mannigfaltige Art. Kurz, im Allgemeinen läßt sich über das Gesetz der Centralkraft nichts weiter sagen, als daß sie irgend eine Function der Entfernung, d. h. nach irgend einer Regel aus der Entfernung vom Mittelpunkte bestimmbar sey. Die allgemeine Theorie der Centralbewegungen ist daher nicht leicht, und setzt tiefe Kenntnisse der höhern Analysis voraus."

9) „Die Bewegungen aller Himmelskörper sind Centralbewegungen, und die Bahnen der Planeten sind nicht sehr von der Kreisgestalt abweichend. Ueberdieß kann man bey manchen Betrachtungen statt einer anders gekrümmten Bahn eine kreisförmige substituiren, indem man um den Mittelpunkt der Kräfte einen Kreis beschreibt, der mit der wirklichen Bahn gleiche Fläche habe, und in dessen Peripherie sich der Körper mit einer gewissen mittlern Geschwindigkeit so bewege, daß die Umlaufszeit der Umlaufszeit in der wirklichen Bahn gleich werde. Es ist daher nützlich, zuerst die Theorie centraler Kreisbewegungen kennen zu lernen, welche sich auf bloße Elementarsätze zurückführen läßt."

10) „Die Umlaufszeiten jeder zwey kreisförmigen Centralbewegungen verhalten sich wie die Halbmesser, dividirt durch die Geschwindigkeiten."

„Die Peripherie des einen Kreises sey P, des Körpers Geschwindigkeit V, und die Umlaufszeit T: so ist nach dem Gesetze der gleichförmigen Bewegung $T = \frac{P}{V}$. Wenn p, v, t für eine andere Kreisbewegung eben das bedeuten, so ist eben so $t = \frac{p}{v}$. Folglich ist $T : t = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Sind aber D und d die Halbmesser beyder Kreise, so ist $P : p = D : d$: folglich auch $T : t = T : t = \frac{D}{V} : \frac{d}{v}$."

11) „Unter eben den Voraussetzungen verhalten sich die Geschwindigkeiten, wie die Halbmesser, dividirt durch die Umlaufszeiten; und die Halbmesser verhalten sich, wie die Geschwindigkeiten, multiplicirt mit den Umlaufszeiten."

„Aus $T : t = \frac{D}{V} : \frac{d}{v}$ folgt, wenn man das erste und dritte Glied mit T, das zweyte und vierte mit t dividirt, $1 : 1 = \frac{D}{VT} : \frac{d}{vt}$; also $\frac{D}{VT} = \frac{d}{vt}$, woraus sich beyde Proportionen ohne Schwierigkeit ableiten laßen.

12) „Die Centralkraft eines Körpers bey der Bewegung im Kreise ist gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, dividirt durch den Durchmesser des Kreises."

„In der Peripherie des Kreises AbE (Fig. 15.), dessen Halbmesser = D, bewege sich ein Körper durch eine gegen den Mittelpunkt C wirkende Centralkraft, mit der Geschwindigkeit V. Die Größe der Centralkraft in der Peripherie heißt P, so ist zu beweisen, daß $P = \frac{VV}{2D}$."

„Es sey Ab = α ein unendlich kleiner Bogen, der folglich in einer unendlich kleinen Zeit $t = \frac{\alpha}{v}$ (Nr. 9. vergl. mit §. 75.) zurückgelegt wird. Man ziehe von A den Durchmesser ACE, ferner ba senkrecht auf AE, und vollende das Parallelogramm ABba: so ist AB der Weg, den der Körper durch die bloße Tangentialkraft, und Aa der Weg, den er durch die bloße Centripetalkraft in der Zeit t zurücklegen würde. Die letzte ist eine stetig wirkende, also beschleunigende Kraft; und in der unendlich kleinen Zeit t kann sie als gleichförmig beschleunigend angesehen werden (Anm. zu §. 80.). Daher ist (nach dem eben angeführten §.) die gesuchte Kraft P gleich dem Wege, dividirt durch das Quadrat der Zeit.

d. i. $P = \frac{Aa}{tt} = \frac{Aa\,VV}{\alpha\alpha}$. Da nun ein unendlich kleiner Bogen Ab von seiner Sehne nicht verschieden ist, so ist Aa nach einem bekannten geometrischen Satz die mittlere Proportionale, zwischen Aa und AE, also $Aa = \frac{Ab^2}{AE} = \frac{\alpha^2}{2D}$; Substituirt man dieses in dem obigen Ausdrucke für P, so erhält man $P = \frac{VV}{2D}$."

13) „Wenn zwey Körper in Kreisen von verschiedenen Durchmessern gleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre beschleunigenden Centralkräfte, wie die Halbmesser der Kreise."

„Im Kreise AGFE (Fig. 14.) bewege sich ein Körper mit der Geschwindigkeit V, so ist seine beschleunigende Kraft $P = \frac{VV}{2AC}$ (12); bewegt sich ein anderer Körper in dem Kreise agfe mit der Geschwindigkeit v, so ist seine beschleunigende Kraft $p = \frac{vv}{2aC}$: also verhält sich $P : p = \frac{VV}{AC} : \frac{vv}{aC}$. Sollen aber die Umlaufszeiten gleich seyn, so müssen sich die Geschwindigkeiten V und v wie die Peripherien, also auch wie die Halbmesser verhalten. Statt des Verhältnisses V : v kann man also auch AC : ac setzen: dann ist $P : p = \frac{AC^2}{AC} : \frac{aC^2}{aC} = AC : aC$.

14) „Wenn sich zwey Körper mit ungleichen Geschwindigkeiten in gleichen Kreisen bewegen, so verhalten sich die beschleunigenden Centralkräfte, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten."

„Die beyden Geschwindigkeiten seyen V und v, die beschleunigenden Kräfte P und p, der Halbmesser beyder Kreise D, so ist (nach 12) $P = \frac{VV}{2D}$, und $p = \frac{vv}{2D}$; also $P : p = \frac{VV}{2D} : \frac{vv}{2D} = VV : vv$."

15) „Wenn zwey Körper in ungleichen Kreisen mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden (also nicht gleiche Umlaufszeiten haben), so verhalten sich die beschleunigenden Centralkräfte umgekehrt wie die Halbmesser der Kreise."

„Die Halbmesser der Kreise seyen D und d, die beschleunigenden Kräfte P und p, die für beyde gleiche Geschwindigkeit V: so ist nach §. 12. $P : p = \frac{VV}{2D} : \frac{VV}{2d} = \frac{1}{D} : \frac{1}{d} = d : D$."

16) „Wenn sich zwey Körper in ungleichen Kreisen bewegen, und ungleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre beschleunigenden Centralkräfte wie die Halbmesser, dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten."

„Die Halbmesser der Kreise seyen D und d, die Umlaufszeiten T und t, die Centralkräfte P und p, die Geschwindigkeiten V und v. Die Peripherien beyder Kreise sind $2\pi D$ und $2\pi d$ (wo π die Ludolfische Zahl 3,1415926 — ist). Da man bey der gleichförmigen Bewegung die Geschwindigkeit findet, wenn man den Weg durch die Zeit dividirt, so haben wir $V = \frac{2\pi D}{T}$, und $v = \frac{2\pi d}{t}$. Nun ist aber (nach 12.) $P : p = \frac{VV}{2D} : \frac{vv}{2d}$; also, wenn man für V und v die eben gefundenen Wege setzt, $P : p = \frac{4\pi^2 D^2}{2DT^2} : \frac{4\pi^2 d^2}{2dt^2} = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$."

27) „Wenn sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Halbmesser verhalten, so verhalten sich die Centralkräfte, verkehrt wie die Quadrate der Halbmesser."

„Denn wenn in der eben gefundenen Proportion $D^3 : d^3$ statt $T^2 : t^2$ gesetzt wird, so erhält man

$$P : p = \frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3} = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2."$$

„Statt der in der vierten Ausgabe hier folgenden Sätze von andern als kreisförmigen Bewegungen, die sich in diesem Zusammenhange auf keine genugthuende Art vortragen oder erweisen lassen, mögen nachstehende Bemerkungen folgen, um wenigstens den weitern Gang, und die Tendenz einer vollständigen Theorie bemerklich zu machen.

28) „Eine kreisförmige Bewegung kann durch jede Centralkraft bewirkt werden, sobald sie nur in gleicher Entfernung gleich stark wirkt. Aus einer einzelnen gegebenen Kreisbewegung kann daher kein Schluß auf das Gesetz der Centralkraft gemacht werden. Sind aber mehrere Kreisbewegungen gegeben, welche durch eine und dieselbe Centralkraft bewirkt werden, so ergiebt sich daraus allerdings das Gesetz der Kraft. Läßt man z. B. zwey gleich lange Pendel in kleinen Kreisen von verschiedenen Durchmessern schwingen, so sind die Umlaufszeiten gleich: woraus folgt, daß die beschleunigenden Kräfte, mit welchen sie gegen das Centrum der Bahn getrieben werden, in gleichem Verhältnisse mit der Entfernung vom Centrum zunehmen (Nr. 15.) Ferner: Kepler fand, daß bey der Bewegung der Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Würfel ihrer mittlern Entfernung von der Sonne verhalten. In so fern man nun die Planetenbahnen als Kreise betrachtet, so folgt (aus Nr. 17.) daß die Centralkraft, welche ihre Bewegung regulirt, in verkehrtem Verhältnisse mit den Quadraten der Entfernung abnehme, u. dergl. m."

29) „Bewegt sich hingegen ein Körper in einer andern als kreisförmigen Bahn, und sind alle Umstände der Bewegung gegeben, so ist damit zugleich das Gesetz gegeben, nach welchem die Centralkraft wirkt. Kepler fand, daß Mars eine Ellipse beschreibe, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht, und daß sein Radius vector in gleichen Zeiten gleiche Räume um diesen Brennpunkt zurücklege; er fand ferner, daß die Bewegung jedes andern Planeten unter

denselben Gesetzen stehe. Dieß fand er aus keiner problematischen Theorie; sondern er zeigte, daß dieß die einzige Vorstellungsart sey, welche den Beobachtungen Genüge leiste. Newton demonstrirte aber den Satz: wenn sich ein Körper in einer Ellipse, oder Parabel, oder Hyperbel um einen seiner Brennpunkte bewegt, und sein Radius vector in gleichen Zeiten gleiche Räume um diesen Brennpunkt beschreibt, so steht er unter der Herrschaft einer Centralkraft, welche in diesem Brennpunkt ihren Sitz hat, und welche im verkehrten Verhältniße mit den Quadraten der Entfernung abnimmt."

20) „Sind mehrere nicht kreisförmige Bewegungen gegeben, die von einer und derselben Centralkraft abhängen, so giebt die Vergleichung dieser Bewegungen unter einander das Gesetz der Centralkraft, auf einem andern Wege. So bewies Newton den allgemeinen Satz: wenn sich zwey Körper elliptisch um einen gemeinsamen Brennpunkt bewegen, und es verhalten sich die Quadratzahlen ihrer Umlaufszeiten, wie die Würfel ihrer halben großen Achsen, so steht die Centralkraft im verkehrten Verhältniße mit den Quadraten der Entfernung. Kepler aber hatte vor ihm gefunden, daß die Bewegung jeder zwey Hauptplaneten, desgleichen die Bewegung jeder zwey Nebenplaneten, unter sich verglichen, unter dem gedachten Gesetze stehen. Also folgte das Gesetz der Newtonischen Gravitation, das schon die Betrachtung jeder einzelnen Bahn darbot, auch aus der Vergleichung jeder zwey Planetenbahnen."

21) „Eine vollständige Theorie der Centralkräfte hat eigentlich zwey Hauptprobleme aufzulösen: a) wenn die Bewegung (d. i. Gestalt der Bahn, Geschwindigkeit in jedem Punkte u. s. w.) gegeben ist, das Gesetz der Centralkraft zu finden: b) umgekehrt, wenn das Gesetz der Centralkraft gegeben ist, alle Umstände der Bewegung zu finden. Jenes nennt man das directe, dieses das indirecte Problem der Centralkräfte. Der Grund dieser Benennungen liegt in dem Gange, den der menschliche Geist bey diesen Untersuchungen genommen hat, und nehmen mußte. Am Himmel lagen Bewegungen vor ihm, welche den frühern Beobachtern höchst räthselhaft waren. Copernicus und Kepler klärten die Umstände dieser Bewegungen auf, und Newton fand dazu das Gesetz der Kraft. Dieß war der directe Gang, und wird immer und ewig der directe (und einzig richtige) Gang in der Naturlehre bleiben. Erst müssen die Erscheinungen auf deutliche Begriffe gebracht, und dann die Gesetze derselben gesucht werden. Nach Newton wurde erst das indirecte viel schwierigere Problem, und besonders von Johann Bernoulli in der größten Allgemeinheit aufgelöset. K."

Für das weitere Studium dieser Lehre von der Centralbewegung und ihrer Anwendung sind zu empfehlen: *Christ Hugenius* de vi centrifuga, in seinen *opuscul. posth.* *T. II. Amstelod.* 1728. 4. S. 107 ff.; *Newtons* oben angef. *Princip. philos. natur; Jo. Bernoulli oper.*, *Lausanne* 1742. IV. Vol. 4.; *S'Gravesande* oben angef. *elements physices*, T. I.; *Jo. Keili* introductio ad veram Physicam et ad veram astronomiam. Lond. 1719. 8.; *Jo. Boscovich* de inaequalitatibus, quas Saturnus et Jupiter sibi mutuo videntur inducere, Romae 1756. 8.; *Leon. Euleri* Mechanica, Petropol. 1736. II. Vol. 4.; *Maclaurin* exposi-

tion des decouvertes de Newton, à Paris 1756. 4.; *La Caille* Leçons d'astronomie, à Paris 1761. 8. und besonders Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik, oder der mathematischen Anfangsgründe IV. Th. 2. Abth.

Allgemeine Anmerkung des Herausgebers der fünften Auflage dieses Lehrbuchs über die folgenden Paragraphen.

„In den vorhergehenden §§. hat der Verfasser gezeigt, was zunächst aus dem Beharrungsvermögen, also Newton's erstem Gesetze folge. Die folgenden §§. sollen eigentlich Newton's zweytes und drittes Gesetz entwickeln; aber der metaphysische Gang, welchen der Verfasser gewählt hat, kann bloß dienen, klare Sätze dunkel zu machen. Folgende kurze Darstellung mag dem Leser zur Erläuterung oder Berichtigung dienen."

1) „Eine Kraft kann nicht anders, als durch ihre Wirkung erkannt werden. Die Wirkung einer bewegenden Kraft ist nichts als Bewegung; um jene zu messen, müssen wir also ein Maaß für diese suchen."

2) „Bey gleicher Geschwindigkeit haben zwey Loth Masse unstreitig doppelt so viel Bewegung, als ein Loth: folglich verhält sich bey gleicher Geschwindigkeit die Größe der Bewegung gerade wie die Masse. Ein Loth Masse hat ferner bey doppelter Geschwindigkeit zweymal so viel Bewegung, als ein Loth bey einfacher Geschwindigkeit: also verhält sich bey gleicher Masse die Größe der Bewegung gerade wie die Geschwindigkeit. Aus beyden folgt, daß sich die Größe der Bewegung allgemein wie das Product der Masse und Geschwindigkeit verhalte."

3) „Aus 1. und 2. folgt, daß eben dieses Product der Masse und Geschwindigkeit das Maaß der bewegenden Kraft sey. (Newton's zweytes Gesetz.)"

4) „Wenn eine Masse A auf eine andere B bewegend wirkt, so wird ein Theil ihrer bewegenden Kraft auf diese Wirkung verwendet. Dieser Theil entgeht ihr also an ihrer eigenen Bewegung. So viel sie der Masse B Bewegung gegeben hat, so viel verliert sie an ihrer eigenen Bewegung. Da nun sowohl Verlust als Gewinn an Bewegung als Wirkung einer bewegenden Kraft betrachtet werden kann, so ist es völlig einerley, ob man A als die Ursache des Gewinns von B, oder B als die Ursache des Verlusts von A ansehen will. Und da Gewinn und Verlust gleich ist, so ist auch die bewegende Kraft, die beydes bewirkt hat, gleich (3). Folglich ist bey jeder Mittheilung von Bewegung, Wirkung und Gegenwirkung gleich. (Newton's drittes Gesetz.) F."

5) „Mittheilung der Bewegung erfolgt nie urplötzlich, sondern stets innerhalb eines theilbaren Zeitmoments oder einer bestimmbaren Zeitdauer. Unter vielen Erscheinungen, welche diesen bey Betrachtung der mitgetheilten Bewegung zu berücksichtigenden Zeitverbrauch darthun, erinnern wir nur an folgende zwey. 1) Man hänge einen langen Pfeifenstiel horizontal in zwey einfachen Haarschleifen auf, und übe gegen die Mitte des Stiels einen schnellen Schlag; der Pfeifenstiel wird zerbrochen, ohne daß die Haare zerreißen; offenbar, weil der Pfeifenstiel eher zerbricht, bevor die

Bewegung bis zu den Haaren sich fortzupflanzen vermag. 2) Man tauche einen sogen. Glastropfen mit seinem dickeren Ende mitten in das ein Zuckerglas füllende Wasser, ohne damit die Glaswände zu berühren, und breche nun oben, außerhalb des Wassers den Stiel ab; das Wasser wird nicht zu der sehr weiten, aber entferntern Oeffnung des Glases herausgeworfen, sondern statt dessen in der näheren Richtung gegen die Glaswände den Stoß fortpflanzen, der das Glas zersprengt. Kr."

§. 102. Wenn die Materie von einer stetig wirkenden bewegenden Kraft getrieben wird, so wird sie dadurch in jeder Richtung, die nicht mit der ursprünglichen Richtung dieser Kraft zusammenfällt, widerstehen, und folglich die zu ihrer Bewegung angewandte Kraft vermindern.

§. 103. Wenn also eine Kraft in eine Materie nach einer Richtung wirkt, die nicht mit der Richtung der der Materie beywohnenden stetigen Kraft übereinkommt, so wird sie nothwendig eine Veränderung erleiden, die nach der Größe des Widerstandes in einer völligen Aufhebung ihrer Bewegung (nach §. 83.) oder in einer Verminderung ihrer Beschleunigung (nach §. 84.) bestehen wird. Hinwiederum muß aber auch die Beschleunigung der Kraft, welche der Materie inhärirt, durch die Anwendung der Kraft, die sie nach einer andern Richtung in Bewegung zu setzen strebt, ebenfalls so viel verlieren, als diese letztere beträgt. Bey gleichem Widerstande und gleicher wirkenden Kraft wird die wechselseitige Verminderung nach Maaßgabe der Größe des Winkels Statt finden, welche die Richtung der Kraft, die die Bewegung hervorzubringen strebt, und diejenige mit einander machen, die der Materie ursprünglich inhärirt (nach §. 89.)

(Erläuterung durch Gewichte, die an einem Seile über eine Rolle gezogen sind.)

§. 104. Diese wechselseitige Verminderung der Kraft und Gegenkraft nennt man **Gegenwirkung** (Reactio); und es ist aus dem Gesagten klar, daß Kraft und Gegenkraft sich immer gleich seyn müssen. Die zur Bewegung der widerstehenden Materie angewandte Kraft kann nehmlich nur in so fern vermindert werden, in wie fern sie

Widerstand findet; und sie kann diese mit keiner größern Geschwindigkeit bewegen, als welche nach Ueberwindung des Widerstandes übrig bleibt, nicht mit ihrer ursprünglichen. Es fließt von selbst aus dem Gesetze der Gegenwirkung, daß die Anwendung der Kraft auf einen Gegenstand am größesten ist, wenn dieser vollkommen widersteht; daß ohne Widerstand keine Anwendung, d. h., keine Verminderung der Kraft möglich ist, und daß kein Körper in Bewegung gesetzt werden kann, wenn die bewegende Kraft und der Widerstand ursprünglich in ihm selbst sind.

Wenn ein Pferd eine Kraft hat, die 10 Centner Last zu überwältigen vermögend wäre, und es soll einen Stein, der durch eine ihm inhärirende Kraft, nehmlich die der Gravitation, nach dem Mittelpunkte der Erde zu sollicitirt wird, und dessen bewegende Kraft einen Druck von 8 Centnern hervorbringt, nach einer auf der Richtung der Gravitation senkrechten, also horizontalen Richtung, aus Ruhe in Bewegung versetzen: so wird es dazu weniger als 10 Centner Kraft verwenden können, nicht mehr; seine actio in corpus wird unter 10 Centnern seyn, wenn gleich die actio corporis 10 Centner wäre.

„Mittelst des Dampfes einer in einem kleinen Schiffchen befindlichen Dampfkugel (Aeolipila), kann das Schiffchen rückwärts bewegt werden, indem der Dampf in horizontaler Richtung gegen die Außenluft stößt; hingegen wird das Schiff sogleich zur Ruhe kommen, wenn man auf demselben ein dampfdichtes Segel so aufspannt, daß es den Dampf, und mithin dessen Stoß auffängt, weil dann Widerstand und Bewegungskraft in demselben Körper (auf dem Schiffe) vereint sind. Kr."

§. 105. Wenn nun die Materie selbst durch eine stetige Kraft sollicitirt wird, die sie ursprünglich in Bewegung zu versetzen strebt, und die ihr folglich Widerstand ertheilt, so wird bey Betrachtung der Größe der Bewegung solcher Materie nicht bloß die Geschwindigkeit, sondern auch die Masse in Anschlag gebracht werden müssen, auf deren Theile die stetige Kraft gleichförmig wirkt. Wenn nehmlich jeder Theil der Materie von der stetigen Kraft afficirt wird, so wird bey gleicher Beschleunigung dieser Kraft der Widerstand um desto größer seyn, je größer die Quantität der Substanz, d. h., je größer die Masse ist, die von dieser Kraft afficirt wird. Denn doppelt so viel widerstehende Materie enthält doppelt so viel Kraft zum Widerstande, und wird also auch

zur

zur gleichen Veränderung ihres Zustandes eine doppelt so große Kraft erfordern, als die einfache Masse.

§. 106. Widerstehende Masse ist also die Quantität des Beweglichen eines bestimmten Raums, das durch eine ihm beywohnende stetige Kraft zu einer Bewegung sollicitirt wird, und daher in jeder andern Richtung, die ihm mitgetheilt werden soll, und welche von der Richtung der ihm beywohnenden Kraft verschieden ist, widersteht. Das Product aus der inhärirenden beschleunigenden Kraft in die Quantität des Beweglichen heißt die bewegende Kraft, wie schon oben (§. 80.) angeführt worden ist.

§. 107. Wenn zwey Körper von gleicher widerstehenden Masse nach einerley Richtung*) bewegt werden sollen, so erfordern sie natürlicher Weise einerley Maaß der Kraft, um sich mit einerley Geschwindigkeit zu bewegen. Ungleiche widerstehende Massen erfordern ohne Zweifel ein ungleiches Maaß der Kraft, um gleiche Geschwindigkeit dadurch zu erhalten: so setzt auch wol ungleiche Geschwindigkeit gleicher widerstehenden Massen ein ungleiches Maaß der Kraft voraus. Eben so leisten auch bewegte Körper von gleichen widerstehenden Massen und ungleicher Geschwindigkeit, oder auch von gleicher Geschwindigkeit und ungleichen Massen, ungleichen Widerstand.

*) Ich sage, wenn die Bewegung nach einerley Richtung geschehen soll. Denn eine verschiedene Richtung wird mit derjenigen Richtung, in welcher die der widerstehenden Masse beywohnende ursprüngliche Kraft diese sollicitirt, einen verschiedenen Winkel machen, und daher wird, wie aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (§. 90.) bekannt ist, die Anwendung der Kraft verschiedentlich groß seyn müssen, wenn bey gleichen Massen die Geschwindigkeit gleich seyn soll.

„Die Einmischung einer ursprünglich beschleunigenden Kraft in diesem und dem vorigen § macht Verwirrung, und ist den Regeln einer richtigen Methodik nicht gemäß, welche vorschreibt, den Gegenstand der Betrachtung zu isoliren, und die Einmischung alles Fremdartigen so lange zu vermeiden, bis man das Einfache oder Gleichartige erkannt hat. Betrachtet man den Körper als eine bloß beharrende Masse, so ist die Einschränkung „nach einerley Richtung" ganz überflüssig. Was erfolgen wird, wenn sich mit dem Beharrungsvermögen eine beschleunigende Kraft verbindet, ergibt sich aus den Gesetzen von der Zusammensetzung der Bewegung. F."

§. 108. Die Größe der Bewegung (Quantitas motus) der Körper von widerstehender Masse hängt solchergestalt von ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit ab, und sie muß aus beyden ermessen werden. Es folgt aus dem Vorigen:

1) Die Größe der Bewegung zweyer Körper verhält sich wie die Massen derselben, wenn die Geschwindigkeit gleich ist.

2) Die Größe der Bewegung verhält sich wie die Geschwindigkeiten, wenn die Massen gleich sind.

3) Ueberhaupt verhält sich die Größe der Bewegung wie die Producte der Masse in die Geschwindigkeit.

4) Die Größen zweyer Bewegungen sind einander gleich, wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten.

Wenn wir die Größen der Bewegung zweyer Körper Q, q, ihre respectiven Geschwindigkeiten C, c, und ihre widerstehenden Massen M, m, nennen, so ist

nach 1), wenn $C = c$, $Q : q = M : m$,

nach 2), wenn $M = m$, $Q : q = C : c$.

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Geschwindigkeit $= C$, dessen Masse $= m$, und dessen Größe der Bewegung z heißt, so ist

für den ersten und dritten nach 1), $Q : z = M : m$,

für den dritten und zweyten nach 2), $z : q = C : c$,

folglich für den ersten und zweyten $Q : q = MC : mc$.

Ferner ist $Q = q$, wenn $C : m = c : M$.

Zweytes Hauptstück.

Von den Grundstoffen und Formen der Körper und ihrer Cohärenz.

Grundstoffe der Körper.

§. 109.

Wir nennen die Masse eines Körpers gleichartig, wenn alle durch Zerstückung oder durch physische Theilung desselben darzustellende Theile einerley Natur mit dem Ganzen

haben, wovon sie genommen sind, und sich also nur in der Größe von ihm unterscheiden; widrigenfalls heißt sie ungleichartig.

Beyspiel von gleichartiger Masse am Wasser, von ungleichartiger am Granit.

§. 110. Aber die Erfahrung lehrt, daß auch solche Körper, deren Masse sich durchaus gleichartig zeigt, aus allerley ungleichartigen Theilen in mannigfaltigen Verhältnissen zusammengesetzt sind, die wir durch Hülfe der Kunst von einander trennen können.

§. 111. Diese Trennung einer gleichartig erscheinenden Masse in ungleichartige Theile (Partes dissimilares) heißt die chemische Theilung, und wir unterscheiden sie von der physischen oder mechanischen, die uns gleichartige Theile (Partes similares) liefert.

§. 112. Die gleichartigen Theile der Masse heißen auch Grundmassen; sie sind dem Ganzen ähnlich, wovon sie herrühren, und nur in der Größe, nicht in ihrer Natur, von demselben verschieden. Die ungleichartigen Theile hingegen, die man auch Grundstoffe, Bestandtheile (Partes constituentes) nennt, sind weder dem Ganzen, wovon sie herrühren, noch sich unter einander in ihrer Natur ähnlich; sie machen aber in der gehörigen Verbindung und im gehörigen Verhältnisse zusammen das uns gleichartig erscheinende Ganze aus.

Erläuterung durch Beyspiele an atmosphärischer Luft, am Glase, am Zinnober, am Wasser.

§. 113. Wenn ungleichartige Theile so verbunden sind, daß die Masse, die sie zusammen ausmachen, in ihren kleinsten Theilen sich den Sinnen gleichartig zeigt, so heißt die Materie, die sie bilden, gemischt; widrigen Falls ist sie nur daraus gemengt: ein Unterschied, der wohl zu merken ist.

„Die Frage: wie und in welchen Verhältnissen sich jede einzelne, ungleichartige Materie mit den übrigen mische, und in welche Ungleichartige die bekannten natürlichen oder künstlichen Gemische zersetzt werden können, beantwortet die Chemie (als Mischungs- und Scheidekunst).
Kr."

Beyspiele gemengter Körper geben Granit, Porphyr. Gemischt ist hingegen in der Kreide die Kalkerde mit Kohlensäure und Wasser.

§. 114. Bey der bloßen Vermengung ungleichartiger Stoffe behalten sie ihre vorige Natur; bey der Vermischung derselben hingegen entspringt daraus eine Materie von ganz anderer Natur und andern Eigenschaften, als die ihrer Bestandtheile waren.

Beyspiele geben ein innig zusammengeriebenes Gemenge von Mineralalkali und Kieselsand, das durch Zusammenschmelzen zum Gemische, nehmlich zu Glas wird.

§. 115. Die Verbindung ungleichartiger Theile zu einem gleichartigen Ganzen heißt Mischung oder Zusammensetzung (Mixtio, Synthesis); die Trennung derselben daraus Scheidung, Zerlegung, Zersetzung (Analysis). Die Verbindung gleichartiger Theile wird Zusammenhäufung (Aggregatio), und ihre Trennung schlechtweg Theilung, Zertheilung, Zerstückung des Körpers genannt. Die beyden letztern Operationen geben keine neue, sondern nur eine der Masse nach vergrößerte oder verkleinerte Materie.

§. 116. Wenn die aus einem gemischten oder gemengten Körper erhaltenen Bestandtheile selbst noch weiter gemischt sind, und als Gemische darin so präexistiren, wie wir sie durch Scheidung daraus darstellen, so heißen sie die nähern Bestandtheile (Partes proximae), und ihre weitern ungleichartigen Grundstoffe die entferntern Bestandtheile (Partes remotae) des Körpers.

Beyspiel:

Eisenvitriol.

Schwefelsäure.		Eisenkalk.	
Schwefel.	Sauerstoff.	Eisen.	Sauerstoff.

§. 117. Die letzten, nicht weiter aus ungleichartigen Theilen zusammengesetzten Grundstoffe der Körper nennt man Elemente, Urstoffe. Viele Materien können wir zwar bis jetzt nicht weiter zerlegen; man ist aber deßhalb

noch nicht berechtigt, sie für Uranfänge zu halten; und daraus, daß sie bis jetzt unzerlegt sind, folgt nicht, daß sie an sich unzerlegbar wären, denn vielleicht erreichen weder unsere Sinne, noch unsere Werkzeuge je die an sich unzerlegbaren oder wahren Elemente.

§. 118. Die bey den mannigfaltigen Zergliederungen der verschiedentlichen Körper und Materien, mit welchen man Erfahrungen hat anstellen können, angetroffenen, specifisch verschiedenen, unzerlegten, also für uns einfachen Stoffe, deren wechselseitige Verhältnisse und Eigenschaften der Gegenstand unserer Untersuchungen in der besondern Naturlehre seyn werden, sind folgende:

Unsperrbare, ausdehnsame Grundstoffe.

1) Lichtstoff (Lumière).
2) Wärmestoff (Calorique).
3) Elektrische Materie (oder Feuerstoff Electrogène) { α positive oder +E. β negative oder −E. }

Sperrbare, ausdehnsame von unregelmäßiger Grundform.

4) Oxygen (Oxygène).
5) Hydrogen (Hydrogène)
6) Azot (Azote).

Starre, von unregelmäßiger Grundform.

7) Schwefel (Soufre).
8) Selenium (? Selene).
9) Phosphor (Phosphore.)
10) Boron (Borarstoff Bore.)

Theils ausdehnsame, theils starre, säurende und zündende (auflösende) von regelmäßiger Grundform.

11) Fluorin (Fluorine).
12) Chlorin (Halogen, Chlorine)
13) Jodin (Jod. Jode)

Brennliche, verstarrbare, von regelmäßiger Grundform.

A. Leichte (Metalloide.)

14) Kalium (Potassium)
15) Lithium (? Lithium).
16) Sodium (Natronium, Sodium).
17) Calcium (Calcium).
18) Barium (Barium).
19) Strontium (Strontium).
20) (Magnium).
21) Glykium (Glykyum).
22) Aluminium (Sapphirin, Aluminium.)
23) Yttrium (Yttrium).
24) Thorinum (Thorinum).

25) Zirkonium (Zirconium).
26) Silicium (Silicium).
27) Carboneum (Kohlenstoff, Carbone).

B) Schwere (Metalle.).

28 Tantale (Columbium, Tantale).
29) Titan (Titane).
30) Scheel (Wolfram, Tungstène).
31) Molybdän (Molybdène).
32 Chrom (Chrome).
33) Cerer (Demetrium, Gérére).
34) Uran (Urane).
35 Mangan (Manganessum, (Manganèse).
36) Wodan (? Wodanium, Wodane).
37) Kobalt (Cobalt.)
38) Arsenik (Arsenic).
39) Stibium (Spießglanz, Antimoine.)
40) Tellur (Sylvan, Tellure).
41) Wismuth (Bismuth).
42) Vestium (? Sirium, Junonium, Vestium).
43) Zink (Zinc).
44) Cadmium (Melinum, Klaprothium, Cadmium).
45) Zinn (Etain).
46) Bley, Plomb).
47) Eisen (Fer).
48) Nickel (Nickel.)
49) Kupfer (Cuivre).
50) Merkur (Quecksilber, Mercure.)
51) Silber (Argent).
52) Palladium (Palladium).
53) Rhodium (Rhodium).
54) Iridium (Iridium).
55) Osmium (Osmium).
56) Platin (Platine).
57) Gold (Or).

Von den Elementen der Peripatetiker: Feuer, Luft, Erde und Wasser.

„Ueber die Elemente der Alchemisten: Erde, Merkur und Schwefel rc. vergl. meine Einleitung in die neuere Chemie. S. 7—9 und 524—526. Kr."

§ 119. Einige dieser Grundstoffe sind nicht für sich, sondern nur in ihren Zusammensetzungen mit andern, darstellbar. Der Grund davon liegt wol ohne Zweifel in ihrem großen Bestreben zur Vereinigung mit andern Stoffen, und in der Gelegenheit, diese immer bei ihrer Scheidung anzutreffen.

„Z. B. das Fluorin. — Ueber diesen Stoff, so wie über das Chlorin und die Jode walten noch zu lösende Zweifel ob. Fluorin ist noch nicht für sich dargestellt, sondern seine Existenz nur analogisch erschlossen worden, indem ein Theil der Chemiker mit H. Davy annimmt, daß das Fluorin mit dem Wasserstoff die Flußsäure zusammensetzt, während der andere Theil der älteren Lavoisierschen Meinung zugethan bleibt, derzufolge die Flußsäure aus einer brennbaren Grundlage (Fluoricum) und Sauerstoff bestehen soll. Dieselbe Bewandtniß hat es mit dem Chlorin und der Jode. Nach Scheele und Davy ist ersteres bis jetzt unzersetzt, mit dem Wasserstoffe die Salzsäure erzeugend; nach Lavoisier besteht die (noch unzerlegte) Salzsäure aus einer unbekannten brennbaren Grundlage und Sauerstoff, und giebt mit Sauerstoff das Chlorin oder die oxydirte Salzsäure. Jode ist hiernach oxydirte Jodinsäure: nach Davy und Gay-Lussac hingegen ein einfacher, annoch unzersetzter Stoff, der mit Wasserstoff die Jodinsäure zusammensetzt. Kr."

§. 120. Nicht immer beruht die specifische Verschiedenheit der Köper und Materien, die wir bis jetzt kennen auf der Verschiedenheit ihrer Bestandtheile, sondern sehr oft auf dem verschiedenen Verhältniß, in welchem diese unter einander verbunden sind.

§. 121. Der Grund der wesentlichen und specifischen Verschiedenheit der Grundstoffe unserer Sinnenwelt muß wol in der Verschiedenheit der Intensität der ursprünglichen Grundkräfte, die das Wesen der Materie ausmachen (§. 46.), gesucht werden, vermöge welcher der Grad der Wirksamkeit und der Wechselwirkung der specifisch verschiedenen Materien ungleich ist.

„Die bloße Verschiedenheit in der Intensität anziehender und abstoßender Grundkräfte führt auf bloße mechanische, nimmermehr auf materielle Verschiedenheit der Körper. Man versuche einmal den Unterschied zwischen Oxygen-Gas und Azot-Gas, die in ihren mechanischen Eigenschaften so wenig, in ihren chemischen so himmelweit verschieden sind, aus diesem Princip deutlich zu machen, und bestimmt zu zeigen, warum sie bald unvollkommne, bald vollkommne Salpetersäure, bald Salpetergas, bald oxydirtes Stickgas, bald atmosphärische Luft bilden. Wer sich zu deutlichen Begriffen gewöhnt hat, muß einsehen, daß man mit einer bloß graduellen Verschiedenheit der Grundkräfte nicht ausreicht. F."

„Vergl. hiemit meine Vergleichende Uebersicht des Systems der Chemie S. 28—50. Kr."

Formen der Materien.

§. 122. Von dem wechselseitigen Einflusse der ursprünglichen Grundkräfte der Anziehung und der Repulsion, und ihrer respectiven Intensität in den verschiedentlichen einfachen und zusammengesetzten Stoffen hängt besonders die **Form der Aggregation** oder der **Zustand** (vergl. §. 2.) ab, den wir an den mannigfaltigen und verschiedenen Materien wahrnehmen, und weßhalb wir drey Arten von Körpern unterscheiden: 1) **feste Körper** (Corpora solida); 2) **liquide oder tropfbarflüssige Körper** (Corpora liquida); und 3) **ausdehnsame, expansible oder elastisch-flüssige Körper** (Corpora expansibilia, Fluida elastica). Die beyden letztern begreift man unter dem Namen **flüssige Körper** (Corpora fluida) zusammen.

§. 123. Feste oder starre Körper (§. 122.) sind solche, welche vermöge der grössern Intensität der in ihren Grundmassen wirksamen Anziehungs- oder Cohäsionskraft einen wirklichen und beträchtlichen Widerstand bey der Verschiebung ihrer Theile an einander leisten. Aber die Stärke des Zusammenhanges der Theile und der Flächen der Grundmassen ist von mannigfaltigen Abstufungen bey den verschiedenen festen Körpern; und es gründen sich darauf besondere Unterabtheilungen derselben, die aber so wenig durch bestimmte Gränzlinien von einander abgesondert sind, daß die verschiedenen Arten, die dadurch unterschieden werden sollen, vielmehr ganz unmerklich in einander übergehen.

§. 124. So unterscheiden wir harte Körper (Corpora dura), von weichen (Corpora mollia) durch die Verschiedenheit der Größe des Widerstandes bey der Verschiebung und Trennung der Theile. Wir finden hier unzählige Abstufungen, und es läßt sich keine bestimmte Gränzlinie zwischen beyden ziehen.

§. 125. Solche feste Körper, deren Theile sich durch eine äußere Gewalt merklich verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang dadurch ganz zu verlieren, heißen zähe, dehnbare; streckbare (ductilia); sie sind hingegen spröde (fragilia), wenn die Theile nicht an einander verschoben werden können, ohne zu reißen, oder ihren Zusammenhang zu verlieren. Auch von diesen Arten des Zusammenhangs laufen die Gränzen wieder sehr in einander. Während im Flüssigen kein Widerstand gegen das Verschieben statt findet, indem jeder Punkt nach allen Richtungen mit derselben Gewalt auszuweichen sucht, mit welcher er nach irgend einer gedrückt wurde, und während im Tropfbarflüssigen alle denkbaren Theile (Punkte) in gleicher Gegenziehung beharren und im Ausdehnsamflüssigen alle denkbaren Theile in gleicher Abstoßung begriffen sind (oder während im Tropfbaren nach allen Richtungen ein gleichartiger Zug

und im Ausdehnsamen eine gleichartige Dehnung waltet), widersteht im „Starren" oder Festen dem Verschieben, vermöge ungleichartigen, in den einzelnen Richtungen verschiedenen Gegenzuges, eine Flächenkraft, oder reiben sich die einzelnen denkbaren Theile. Die einfachste Bedingung der Erstarrung des Flüssigen ist gegeben, wenn — wie beym Magnete — Ziehung aus zwey in derselben geraden Linie wirkenden Gegenpunkten eintritt. Kr."

§. 126. Von dieser Kraft der Anziehung oder Cohäsion rührt auch die Federkraft oder Springkraft her, die man lieber Contractilität nennen sollte, vermöge welcher die Theile fester Körper bey ihrer mehrern Entfernung von einander durch eine andre Kraft mit Nachlassung derselben ihre vorige Nahheit wieder anzunehmen trachten. Ich unterscheide sie von der Elasticität, die ihr gerade entgegengesetzt, und deren Ursach wesentlich davon verschieden ist. Das Unzureichende in der bisherigen Erklärung beyder Phänomene rührt eben daher, daß man so verschiedene Wirkungen einerley Grundursachen zuschrieb. Da, wo man bisher bey federharten Körpern eine Wiederausdehnung nach einer vorherigen Zusammendrückung annahm, findet wirklich nichts anderes als Zusammenziehung nach einer vorhergegangenen Dehnung statt.

„Der Unterschied, welchen hier der Verf. zwischen Contractilität und Elasticität macht, betrifft nichts Wesentliches, und ist daher nicht zweckmäßig. Bloß zwischen Federkraft (Elasticität) fester, und Ausdehnsamkeit (Expansibilität) luftförmiger Stoffe muß man unterscheiden. Jene ist ein inneres Bestreben, die Gestalt zu erhalten, und sie wieder herzustellen, wenn sie durch Ausdehnung, durch Zusammenpressung oder durch Beugung verändert worden ist. Diese hingegen ist ein unbegränztes Bestreben einen immer größern Raum einzunehmen. F."

Beyspiele geben elastisches Harz, eine gespannte Saite, Stahlfedern, und dergl.

Eine Stahlfeder hat Federkraft, weil sie sich, wenn sie gebogen, und solchergestalt bey ihrer Krümmung in einen größern Raum gedehnt wird, wieder zusammenzieht, wenn die spannende Kraft nachläßt. Ein stählerner Ring hat aus gleichen Ursachen Federkraft, und er äußert sie nicht durch Expansion, sondern durch Contraction. Wird er nehmlich von beyden Seiten zusammengedrückt, und dadurch an seinen Krümmungen gedehnt, so ziehen sich diese wieder zusammen, so-

halb die dehnende Kraft nachläßt, die freylich, um die Krümmungen zu dehnen, den Ring an andern Stellen zusammendrücken mußte. Hiervon läßt sich auf die Federkraft einer Kugel von Elfenbein und dergl. der Schluß leicht machen, bey denen es leichter scheinen könnte, als ob sie eine expansive Elasticität besäßen, da der Grund der Erscheinung doch auch nur, wie bey der Stahlfeder, in der Wiederzusammenziehung gedehnter Theile liegt. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel an einem Faden auf eine mit Fett dünn bestrichene polirte Steinplatte fallen, so schnellt sie sich freylich zurück, sie drückt auf dem Fette einen sichtbaren Fleck ein, und zeigt also dadurch eine wahre Zusammendrückung, die sie durch die Gewalt des Falles an der berührten Stelle erlitt. Aber man erinnere sich nur an den Ring, und man wird einsehen, daß die Theile der elfenbeinernen Kugel am Rande der plattgedrückten Stelle gespannt wurden, folglich sich wieder zusammenzogen, wie der Druck nachließ, und daß sie dadurch die eingedrückten Theile erhoben.

Durch diese Reaction wird es also möglich, daß die Kraft der Cohärenz Bewegung hervorbringen, oder zu einer bewegenden Kraft werden kann.

„In der Mechanik benutzt man die Elasticität, z. B. der Dämpfe bey den Dampfmaschinen, und die Federkraft, z. B. der durch das Aufziehen gespannten und gepreßten Feder der Taschenuhr um Maschinen (im letzteren Fall das Räderwerk der Uhr) in Bewegung zu setzen. Kr."

§. 127. Die Federkraft oder Contractilität zeigt sich, so wie die übrigen Arten der Cohäsion, bey den mancherley Körpern in einem sehr verschiedenen Grade. Aber es ist wol kein fester Körper, dem die Federkraft gänzlich mangelte. Uebrigens lehrt die Art und Weise, wie sich dieses Vermögen zeigt (§. 126.), daß zu der Aeußerung desselben Dehnbarkeit im gewissen Grade gehöre, ohne welche sonst die gespannten Theile in ihrem Zusammenhange ganz aufgehoben werden und reißen würden. Daher läßt es sich erklären, warum die Federkraft verschiedener Körper durch lange anhaltende Spannung oder Dehnung merklich schwächer wird, und warum sie zunimmt, wenn die Stärke des Zusammenhanges durch Vermehrung der Dichtigkeit wächst.

Beispiele vom Wachsthume der Federkraft durch Zunahme der Dichtigkeit geben die gehämmerten Metalle, das Härten des Stahls, die Bologneserflaschen, die Glastropfen.

„Bey großer Kälte (die als solche alle Dehnung aufhebt) werden alle weichen (biegsamen) Körper, z. B. Metalle so spröde, daß sie durch jeden heftigen Stoß zerreißen und daher zu Pulver zerstieben. Kr."

§. 128. Die Grade der Festigkeit der verschiedenen festen Körper stehen nicht im Verhältnisse mit der Dichtigkeit derselben, so weit wir diese durchs Gewicht ermessen können. So ist z. B. Gold und Bley dichter als Eisen und Kupfer, aber doch lange nicht so fest, als diese. Um diese Grade der Festigkeit bey verschiedenen festen Körpern zu messen, hat man sich der Gewichte bedient, welche zum Zerreißen derselben, bey einer bestimmten Dicke und Länge, nothwendig sind. Muschenbroek hat insbesondere sehr viele Versuche über die Kraft angestellt, welche zum Zerreißen mehrerer Körper erfordert wird. Er hat aber dabey keine besondere Rücksicht auf die Länge der Körper genommen; und daher geben auch Sickingens Versuche andere Resultate. Ueber die Stärke verschiedener Holzarten haben wir auch von Büffon, und über die der metallischen Gemische von Herrn Achard zahlreiche Versuche erhalten. So nützlich aber auch alle diese Versuche fürs gemeine Leben seyn können, so wenig läßt sich doch daraus auf die Größe der Wirkung der Cohärenz schließen, weil hierbey, wie schon Kant *) erinnert hat, die Verschiebbarkeit der Theile gar nicht in Anschlag gebracht worden ist, die doch einen so beträchtlichen Einfluß hat. So wird z. B. ein Stab von weichem Wachse sich durch ein angehängtes Gewicht erst dünner ziehen lassen, ehe er reißt, und alsdann in einer weit kleinern Fläche reißen, als man anfänglich annahm. So ist es mit allen dehnbaren Körpern; und diese größere Dehnbarkeit ist vielleicht der Grund, warum z. B. das dichtere Bley bey gleicher Dicke eher reißt, als Kupfer, u. s. w. Hierzu kommt dann noch Verschiedenheit des Gefüges, das dicht, blätterig, körnig, u. s. w., seyn kann.

„Gegossene Metalle springen, gestreckte reißen. Auf die Brechbarkeit oder respective Festigkeit der Körper haben Einfluß: die Structur, die Gestalt und Länge, Breite und Dicke des Körpers. Ein gebogener Stab ist oben, an der höchsten Stelle seiner Biegung durch Druck mittelst eines scharfen Messers leicht senkrecht zu durchschneiden; ein vierseitiges Prisma ist schwächer, als ein Cylinder von gleicher Länge und Durchmesser, ein Balken, der nur 100 Pfund trägt, wird, um die Hälfte verkürzt, 200 Pfund tragen. Ist derselbe

noch einmal so breit als ein anderer, demselben sonst ganz gleichender, so trägt er noch einmal soviel als der andere, und ist er doppelt dick, so trägt er viermal so viel. Kr."

Petr. v. Muschenbroek introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in seinen *Dissertat. physic. experimental.* I. B. 1729. S. 423. ff.; und noch weitläuftiger De cohaerentia et firmitate, seiner *introduct. ad philosoph. naturalem*, *Vol.* I. S. 390 ff.

Er stellte Versuche an mit reinen Metallen, mit legirten Metallen, it Stricken, mit Hölzern, mit Tüchern, mit Fellen, mit Saiten, it Knochen und mit Gläsern. — Ich will aus der großen Zahl seir Versuche nur die Resultate der mit reinen Metallen angestellten er mittheilen. Er ließ davon Parallelepipeda oder viereckige Stann gießen, deren Querschnitte $\frac{27}{108}$ rheinländische Zoll ins Gevierte beagen, diese mit dem einen, dazu eingerichteten Ende senkrecht aufngen und befestigen, und an das andere Ende eine mit Ketten verene Waagschaale mit Gewichten aufhängen, die er so lange vermehr, bis die Stange zerriß. Er hat hierbey zugleich das eigenthümliche wicht der angewandten Metalle bemerkt.

Gold	zerriß von	578	Pf.	Eigenthüml. Gew.		19,238
Kapellensilber	.	.	1156	.	.	11,091
Kupfer	.	.	638	.	.	8,182
Japanisches Kupfer	.	.	573	.	.	8,726
Deutsches Eisen	.	.	1930	.	.	7,807
Englisches Zinn	.	.	150	.	.	7,295
Eine andere Sorte	.	.	188	.	.	
Bancazinn	.	.	104	.	.	7,246
Malaccazinn	.	.	91	.	.	6,125
Englisch Bley	.	.	25	.	.	11,355
Spießglasmetall	.	.	50	.	.	4,500
Zink von Goslar	.	.	76:85	.	.	7,215
Wismuth	.	.	95:92	,	.	9,850

enn hierbey nur auf gleiche Dicke Rücksicht genommen wird, so würsich die Festigkeit der angeführten respectiven Metalle verhalten, wie zu ihrem Zerreißen angewandten Gewichte, und das Eisen z. B. re $\frac{1930}{25}$ oder $77\frac{1}{5}$mal fester als Bley, u. s. w.

Nach dem Gusse geschlagene Metalle wurden fester; doch hatte das e Gränzen, und sie wurden bey zu lange fortgesetztem Hämmern der weniger fest.

Folgendes sind die Resultate einiger seiner Versuche mit Holz, wo i er auch Parallelepipeda machen ließ, deren Querschnitte $\frac{27}{108}$ ins vierte betrugen:

Büchenholz	zerriß	von	1250	Pf.
Eschenholz	.	.	1250	.
Eichenholz	.	.	1150	.
Lindenholz	.	.	1000	.
Erlenholz	.	.	1000	.
Ulmenholz	.	.	900	.
Tannenholz	.	.	600	.
Fichtenholz	.	.	550	.

Mehr ins Große geben Büffons Versuche mit Holz (Expériences sur la force des bois; in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1740. S. 153. und 1741. S. 292.)

„Antoni (l'usage des armes à feu) schlägt zur Bestimmung der Cohärenz der Körper vor: spitze, keilförmige, schwere und harte Körper (deren Härte, Gewichtigkeit etc. als bekannt angenommen wird) von bestimmter Höhe senkrecht gegen die unten wagerecht liegenden, in Stab oder Plattenform gebrachten, hinsichtlich der Cohärenz zu prüfenden Körper fallen zu lassen, (etwa in einer dem Fallbeil oder der Guillotine ähnelnden Vorrichtung) und aus der Größe der Vertiefung oder Zerreißung, auf die Größe des Zusammenhangs zu schließen. Ein Beyspiel großer Cohärenz gewähren die (metallenen) Räder, welche, ohne gedrückt zu werden, dazu dienten, den großen Granitblock von vier Millionen Pfund zum Fußgestell der Statue Peters des I. in St. Petersburg herbeyzuführen. — Meinen Untersuchungen zufolge scheinen die stöchiometrischen Werthe (d. i. die Eigenwerthe der chemischen Ziehkraft oder die Mischungswerthe) der Grundstoffe im geraden Verhältnisse mit ihrer „Dichtigkeit" und im umgekehrten mit ihrer „Cohärenz" zu stehen. Sind daher zwey dieser Werthe, z. B. der stöchiometrische und die Dichtigkeit bekannt, so läßt sich die unbekannte Größe des dritten: der Cohärenz bestimmen, wie folgendes Beyspiel zeigt: der stöchiometrische Werth (oder die Mischungszahl) des Eisens ist 34,5) die Dichtigkeit = 7,788, mithin die Cohärenz = $\frac{77,788}{34,5}$ = 2,251 vergl. m. Vergl. Uebers. d. Systems der Chemie. S. 27. Kr."

Des Herrn Grafen von Sickingen Versuche mit Metallen (Versuche über die Platina, Mannheim 1782. 8.) geben andere Resultate, als die Muschenbroekschen, indem er auch auf gleiche Längen Rücksicht nahm. Er ließ aus einigen Metallen Dräthe machen 0,3 Lin. (Paris.) im Durchmesser, und 2 Fuß Länge, und es zerriß

Gold	von	18 Pf.	6 Unz.		45 7/? Gr. (cölln. Gew.)
Silber	.	20	11	. 1 Qu.	45 3/?
Platina	.	28	7	3	
Kupfer	.	33	7		54
Eisen	.	60	18		8

Hiernach folgt also die Festigkeit der angeführten Metalle so auf einander, wie sie selbst hier nach einander stehen, da hingegen nach Muschenbroek sie so folgen würden: Kupfer, Gold, Silber, Eisen.

Traité sur les Propriétés des alliages métalliques par Mr. *Achard.* à Berlin 1788. 4.

Kurze Abhandlung über die Theorie der Festigkeit der Materialien von Gottl. Ludwig von Pöllnitz. Leipzig 1795. 8.

„Hauy schätzet die Härte einzelner Gesteine nach dem Grade, mit welchem sie der Abreibung widerstehen und nicht nach der Gewalt des Stoßes. Beyde sind häufig sehr verschieden. Der Demant ist z. B. durch kein Metall abreibbar, läßt sich aber unter dem Hammer zerschlagen. Kr."

*) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft S. 91.

§. 129. Flüssige Körper (§. 122.) sind solche, deren Theile von jeder noch so kleinen bewegenden Kraft an einander verschoben werden können. Wir müssen zwey wesentlich verschiedene Gattungen flüssiger Körper unterscheiden, nehmlich liquide und expansible.

§. 130. Liquide oder tropfbar-flüssige Körper (§. 121.) zeigen sich unsern Sinnen als zusammenhängende Massen ohne Zwischenräume, und nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Mengen eine sphärische Gestalt an, oder bilden Tropfen, sobald die wechselseitige Anziehung ihrer Theile nicht durch andere Körper gestört wird. Sie besitzen allerdings einen gewissen Grad von Compressibilität, und äußern bey der Zusammendrückung expansive Elasticität, wie dieß Versuche am Wasser gelehrt haben.

„Störend ist in Bezug auf Tropfenbildung auch die Wärme, indem sie als Dehnkraft der Zugkraft entgegenwirkt. Daher giebt heißes Wasser kleine Tropfen, kaltes hingegen große. Kr."

Ueber die Elasticität des Wassers, theoretisch und historisch entworfen von F. A. W. Zimmermann. Leipzig 1779. 8.

„Nach Oersted (Schweigger's N. Journ. XXI. S. 348 ff.) verhalten sich die Zusammendrückungen des Wasser's wie die zusammendrückenden Kräfte, und Cantor's hierher gehörige Angaben sind fast um dreymal zu klein. Bey 14° R scheint das Wasser durch den Druck der Luft um eine Größe seines Volums, deren Zahl zwischen 0,00012 und 0,00014 liegt, zusammengedrückt zu werden. Kr."

§. 131. Expansible oder ausdehnsame Flüssigkeiten (§. 122.) zeigen ganz und gar keine den Sinnen bemerkbare Anziehung ihrer Theile, wiewohl sie ebenfalls zusammenhängende Massen ohne alle Zwischenräume darstellen, und die anziehende Kraft ihrer Theile ist durch die stärker wirkende abstoßende Kraft derselben ganz aufgehoben. Sie müßten vermöge dieser überwiegenden expansiven Kraft nach allen Seiten hin ohne Gränzen sich ausbreiten, wenn nicht Schwerkraft eigener Theile oder überwiegende Anziehungskraft fremder Stoffe dieß verhinderte, und so ihrer Expansion Gränzen setzte.

§. 132. Die ausdehnsamen Flüssigkeiten (§. 131.) sind entweder an sich expansible oder durch Mittheilung

oder Ableitung expansible. Die erstern, wie die Lüfte besitzen ihre expansive Elasticität ursprünglich; wenigstens kennen wir bey ihnen keine Substanz und unsere Sinne zeigen uns keine, von der wir ihre überwiegende Expansivkraft ableiten könnten. Die Dämpfe hingegen besitzen eine abgeleitete Expansibilität, und verdanken dieselbe der Wärme.

§. 133. Ferner unterscheide ich rein-expansible und schwere expansible Flüssigkeiten. Bey den erstern, wie bey dem Wärmestoff und dem Lichte, folgen die Theile in ihrer Bewegung außer der Expansivkraft, sie sey ursprünglich oder abgeleitet, keiner andern Grundkraft; sie verbreiten sich von dem Orte aus, wo die abstoßende Kraft ihrer Materie thätig zu werden anfängt, nach allen Richtungen zu mit gleicher Leichtigkeit, und nur die ihrer Expansivkraft entgegenwirkende Anziehung anderer Grundstoffe kann der Verbreitung derselben ins Unendliche Gränzen setzen. Diese rein-elastischen Flüssigkeiten heißen auch strahlende.

§. 134. Zur leichtern geometrischen Construction der Begriffe bey der Erklärung der Erscheinungen der rein-expansiblen Flüssigkeiten ist es zwar erlaubt, sich die Verbreitung derselben in Strahlen, und als discreter Theilchen in geraden Linien vorzustellen; aber in der Wirklichkeit ist diese atomistische Vorstellungsart durch nichts zu erweisen. Sie erfüllen vielmehr, wie alle Materien, auch bey der größesten Dünne, ihren Raum mit Continuität.

§. 135. Die schweren expansiblen Flüssigkeiten (§. 133.), wie die Luftarten und Dämpfe, besitzen wahrscheinlich alle eine abgeleitete, durch die Wärme bedingte, expansive Elasticität; von den ersteren steht es zu vermuthen, von den letzteren ist es erwiesen; und bey beyden verursacht die Schwere ihrer Theile, daß sie sich nicht so, wie die rein-elastischen Flüssigkeiten (§. 133.) verbreiten können.

§. 136. Von diesen schweren ausdehnsamen Flüssigkeiten (§. 135.) unterscheiden wir zweyerley Arten: 1) luftförmige oder Luftarten (Fluida aëriformia), und

2) dampfförmige oder Dämpfe (Vapóres). Jene behalten ihre ausdehnsame Form bey jedem Grade der Zusammendrückung, den wir anzuwenden im Stande sind, und bey jedem uns bekannten Grade der Kälte; sie besitzen also in diesen Umständen Permaneität der mitgetheilten Elasticität, und ihre Zusammensetzung (§. 135.) wird durch mechanische Zusammendrückung nicht aufgehoben. Diese hingegen, die dunstförmigen Flüssigkeiten, verlieren durchs Zusammenpressen, so wie durch Kälte, ihre Form der ausdehnsamen Flüssigkeit; die eigenen Anziehungskräfte der Theile ihrer Basis werden nun wieder verstärkt, und diese treten zum festen oder liquiden Körper zusammen; indem sie sich von einem Antheile des Wärmestoffs trennen. Beide führen den gemeinschaftlichen Namen Gäse.

§. 137. Alle tropfbar-flüssige Körper verdanken ihre Liquidität der Wärme; wird diese ihnen entzogen, so erstarren sie.

„Wasser z. B. erstarrt bey einer Temperatur unter 0° C., ist tropfbar (bey dem gewöhnlichen Luftdrucke) bey allen Temperaturen zwischen 0° R. und 100° C.; und geht stärker erwärmt in Dämpfe über. Weingeist erstarrt erst bey einer Temperatur von —79° C., und kann, da alle übrigen Tropfbaren bey höheren Temperaturen erstarren, als die liquideste Materie betrachtet werden — Uebrigens sind die meisten Tropfbaren mehr oder weniger klebrig oder zähflüssig, und es kann diese Zähigkeit als Ausdruck ihrer verschiedenen Cohärenz in Untersuchung genommen werden. Kr."

§. 138. Ohne den Druck der Atmosphäre, der die ursprünglichen Attractionskräfte der Theile verstärkt, würden sehr viele tropfbar-flüssige Körper bey dem gewöhnlichen Grade der Wärme, wobey wir leben, gar nicht einmal als tropfbar-flüssige erscheinen; wir würden sie als solche gar nicht kennen, sondern sie würden durch die nun überwiegend werdenden expansiven Kräfte des mit ihnen verbundenen Wärmestoffs zu expansiblen Flüssigkeiten werden.

Ohne den Druck der Atmosphäre würde das Wasser schon bey dem Schmelzpunkte die Form der elastischen Flüssigkeit annehmen, und den Zwischenzustand des Tropfbar-Flüssigen gar nicht erhalten.

Versuche zur Bestätigung mit warmem Wasser, oder mit Aether unter der Glocke der Luftpumpe.

§. 139. Ein merkwürdiges Phänomen der den Theilen der Materie beywohnenden Anziehungskraft ist die bestimmte Gestalt, welche die Theile annehmen, wenn jene ungehindert und frey darauf wirken kann. Bey den liquiden Körpern ist es die Bildung der Tropfen, bey den festen die Krystallisirung und das Gefüge (Textura), das in dieser Rücksicht unsere nähere Betrachtung verdient.

§. 140. Alle liquide Körper nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Massen eine sphärische Gestalt an, und bilden Tropfen, sobald sie nicht mit einem andern Körper so stark zusammenhängen, daß sie darauf oder daran zerfließen. So bildet fein zertheiltes Quecksilber auf Holz, auf Glas, auf Stein, und mehrern dergleichen Materien, lauter kleine Kügelchen; eben so auch Wasser und Wein, auf Holz, Papier u. dergl., das mit Bärlappsamen bestreut ist; Oel auf einer mit Wasser feucht gemachten Tafel; und alle dergleichen flüssige Körper überhaupt nehmen die Kugelgestalt an, wenn sie in kleinen Massen durch die Luft fallen. Eine bloß träge flüssige Masse würde auf jeden Fall die Figur behalten, die sie einmal hätte, und keine Tropfen bilden. Hat sie diese Figur noch nicht, so kann sie nicht ohne Bewegung ihrer Theile zu einer runden Kugel werden. Schon die Bildung der Tropfen beweiset also, daß eine Ursach da seyn muß, welche diese Wirkung hervorbringt. Die Schwere kann nicht die Ursach seyn, da sie vielmehr der Bildung der Tropfen wirklich hinderlich ist, wie die Erfahrung lehrt, und das Plattdrücken der auf festen Körpern ruhenden Tropfen oder Kügelchen bewirkt, die um desto mehr eine vollkommene Sphäre bilden, je kleiner sie sind, und je geringer ihr Gewicht ist. Es bleibt nur die Kraft der Anziehung zwischen den Theilchen des tropfbar-flüssigen Körpers allein übrig, aus der man auf eine genugthuende Weise dieses Phänomen erklären kann. Wenn man nehmlich voraussetzt, daß alle Theilchen einer Materie mit gleicher Stärke sich anziehen, und die Verschiebbarkeit derselben groß genug ist, um ihrer Bewegung kein Hinderniß ent-

gegen zu setzen, so folgt aus richtigen mechanischen Gründen, daß das Gleichgewicht dann erst entstehen könne, wenn die Masse eine Kugelgestalt angenommen hat.

Hierher gehört auch das Körnen der Metalle, und die Verfertigung des Schrotes aus Bley.

§. 141. Auch feste Körper nehmen eine bestimmte Form an, und ihre Theile bilden Gruppen von eigenen Gestalten, sobald sie ungehindert der Bewegung folgen können, welche die Anziehungskraft in bestimmten Richtungen unter ihnen hervorbringt. Hier ist nun der merkwürdige Umstand, daß die Theilchen sich nicht nach allen Richtungen mit gleicher Stärke anziehen, und daß die schon gebildeten kleinern Gruppen und Grundgestalten sich in gewissen Flächen stärker anziehen, als in andern, und solchergestalt polyedrische Solida bilden, die wir **Krystalle** (Crystalli) nennen.

§. 142. Damit nun feste Körper Krystalle von bestimmten und regelmäßigen Formen bilden, oder sich gehörig krystallisiren, ist nöthig, 1) daß sie erst in den Zustand der Flüssigkeit gebracht werden, um Verschiebbarkeit der Theile in hohem Grade zu erhalten, und 2) daß sie allmälig und ohne Störung wieder erstarren, oder aus Flüssigkeit in Festigkeit übergehen, während welches Ueberganges aus Flüssigkeit in Festigkeit sich die Theile in bestimmten Richtungen aneinander fügen, und so Körper von bestimmten Umrissen, wenigstens von bestimmtem Gefüge, bilden.

„Nach Hauy unterscheiden wir äußere oder sekundäre und „innere" (Kern-) oder „primitive" Gestalten oder Grundformen, von denen die letzteren sich in allen, auch noch so verschiedenen secundären Formen, gleich bleiben, wenn die Stoffe und ihre Gemische (z. B. in den einzelnen Gattungen der Gesteine) nicht wesentlich von einander abweichen. Durch mechanische Zerlegung (Klüftung) gelangt man von den äußeren zu den innern Gestalten, und häufig stößt man hiebei, indem man die Aufblätterung entweder gleichlaufend mit den Seitenflächen der Kerngestalt, oder nach transversalen Richtungen verfolgt, auf mehrere kleine, gleichgestaltete Massentheilchen, die von Hauy integrirende Moleküls genannt werden, und deren Gestalt entweder tetraëdrisch, oder dreyseitig-prismatisch oder parallelepipedalisch ist. Folgendes (aus John's Handwörterb. d. Chemie B. II. 516. entlehnte) Beyspiel möge dazu dienen, den Unterschied der integrirenden Massentheilchen, der elementaren Bestandtheile

(im Sinne der Mineralogen) und der chemischen Grundstoffe deutlich zu machen. Die sekundäre Gestalt des Flußspaths ist der Würfel. Dieser läßt sich an allen 4 Ecken in Folge der Blätterlage abstumpfen, bis endlich 4 Abstumpfungsflächen auf zwey gegenüberstehenden Seiten sich in einem Punkt endigen und das Oktaëder als die Grundform darstellen. Dieses kann noch nach transversaler Richtung d. i. nach derjenigen durch die Axe und nach den Seitenkanten des Krystalls, in 8 Tetraëder zerlegt werden, welche die integrirenden Massentheilchen des Flußspaths bilden. Durch chemische Zertheilung lassen sich diese (so wie der ganze Flußspath an sich „gleichartigen Theilganzen" in ungleichartige Theile: Flußsäure und Kalk scheiden, welche dann als elementare Bestandtheile im mineralogischen Sinn und als nächste Bestandtheile im chemischen Sinne gelten, und deren Grundstoffe in der Flußsäure Fluorin und im Kalk: Calcium und Sauerstoff sind."

Nach Bernhardi zerfallen alle bekannte Grundformen in folgende Gattungen

I. Klasse: Regelmäßige Grundgestalten.
Gattungen: 1) Würfel (achteckige Hexaëder)
2) Oktaëder (sechseckige Oktaëder).
3) Dodekaëder (gleichseitiges 14eckiges Dodekaëder, Dodekaëder mit Rautenflächen.)
4) Ikositetraëder (26 eckige Ikositetraëder, deren Flächen gleiche Trapezia bilden).

II. Klasse: Unregelmäßige Grundgestalten.
Gattungen: A) Rhomboëder (8eckige Hexaëder).
B) Irreguläre Oktaëder, und zwar
1) Quadratoktaëder (unregelm. 6eckige Oktaëder).
2) Rectangularoktaëder
3) Rhombenoktaëder.
4) Einfache Rhomboidaloktaëder.
4) Dreifache Rhomboidaloktaëder. Kr."

§. 143. Unter dieser Bedingung kann man wol von allen festen Körpern behaupten, daß sie eine gewisse bestimmte Gestalt annehmen, und dadurch entweder bestimmte Formen im Umrisse, oder wenigstens ein bestimmtes Gefüge erhalten. Die Natur zeigt uns diese regelmäßige Gestalt und Fügung an unzähligen festen Körpern in unzähligen Verschiedenheiten, an Erden und Steinen, Salzen, Metallen und Schwefel; und wenn zahlreiche Arten nicht in dieser regelmäßigen Gestalt oder Fügung erscheinen, so läßt doch das, daß eben diese Arten sonst auch so angetroffen werden, schließen, daß bey ihrem Entstehen die Bedingungen fehlten, unter welchen nur jenes Phänomen Statt finden kann. Bey einigen zähen Körpern, wie bey den dehnbaren Metallen,

wird auch das regelmäßige Gefüge ihrer Theile bey der Trennung selbst gestört, und läßt sich eben deßwegen nicht wahrnehmen. Die Kunst kann freylich der Natur in der Configuration nicht immer nachahmen, da es ihr an Mitteln fehlt, viele Dinge in den dazu nöthigen Zustand der Flüssigkeit zu versetzen.

Beyspiele an Krystallisirung des Salpeters, Glaubersalzes und anderer Salze.

Krystallisirung verschiedener Salze in einzelnen Tropfen ihrer Auflösung, die nachher mikroskopisch betrachtet werden.

Der Silberbaum oder Dianenbaum.

Der Bleybaum.

Der Zinnbaum.

de Romé Delisle Essay de Crystallographie. à Paris, 1772. gr. 8.

Versuch einer Krystallographie von Herrn de Romé Delisle, aus dem Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. Greifswald 1777. gr. 8. Crystallographie, ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral, par Mr. *de Romé Delisle*. Sec. édit. à Paris. T. I. — IV. 1784. 8. *Torb. Bergmann* de formis crystallorum. praesertim e spatho ortis; in seinen *opusc. physico-chemicis. Vol. II.* S. 1. ff. Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien. abgefaßt von A. G. Werner. Leipzig 1774. 8. *Hauy* Traité de minéralogie, übers. von Karsten. Paris und Leipzig T. I. 1804. 8. Bernhardi in Gehlen's Journ. für Chem. Phys. und Mineral. V. 157 625. VI. 140. VIII. 152. 623. IX. 1. Prechtl ebendas. VII. 455. Kastner's System der Chemie S. 65 u. f. Bernhardi in Schweigger's Journ. XXI. 1—24. Okens Lehrb. der Naturphilos. I. 121. Leonhard's, Kopp's und Gärtner's Propädeutik. Frankfurt a. M. 1817.

§. 144. Die zur Bildung der Krystalle, oder wenigstens eines bestimmten Gefüges, nöthige erste Bedingung, die leichte Verschiebbarkeit der Grundmassen durchs Flüssigwerden, wird bey festen Körpern entweder durchs Schmelzen, oder durchs Auflösen in andern liquiden Körpern, oder durch Verwandlung in Dampf, oder auch durch höchst feine Zertheilung in einem flüssigen Mittel, ertheilt; und die andere Bedingung, die Wiederwegnahme dessen was sie flüssig machte, wird entweder durch Erkalten und Gefrieren, oder durch Verdunstung des Auflösungsmittels, oder durch Niederschläge, oder durch Ruhe und Bodensätze erhalten, wobey nun freylich überhaupt keine andere Art der Bewegung, wie Schütteln, Umrühren, die Ziehung der festwerdenden Theile hindern und stören muß. Bey einem zu plötzlichen Uebergange zur Festigkeit haben die Theilchen nicht Zeit ge-

ung, sich regelmäßig an einander anzulegen, und die Bildung wird unförmlich.

Beyspiele von der Bildung der Krystalle oder wenigstens eines regelmäßigen Gefüges unter den angeführten Bedingungen 1) des Schmelzens und Erkaltens, sind: das Eis, besonders bey dem Gefrieren der Fenster, der Schwefel, der Spiesglaskönig, der Wismuth ..; 2) des Auflösens in tropfbarer Flüssigkeit: a) des Abdunstens oder Kühlens: die mannigfaltigen Salzkrystalle, der Schwefelrubin; b) des Niederschlagens: die Metallbäumchen ꝛc.; 3) der Verwandlung in Dampf und Abkühlung: der Schnee, die krystallinischen Sublimate und sogenannten chemischen Blumen; 4) des feinen Zertheilens in Wasser oder in andern Mediis: die Bildung der kalkigen Stalactite und Tophe.

„Ueber die Gesetze der krummlinigen Begränzung organischer Wesen, vergl. mein Syst. d. Chemie S. 65 u. f. Kr."

§. 145. „Bernhardi's Untersuchungen zufolge behaupten Stoffe von regelmäßiger Grundform in ihren gegenseitigen Verbindungen diese Gestalt jederzeit (wie davon die Verbindungen der Metalle das gemeinste Beyspiel geben) während Stoffe von unregelmäßiger Grundform durch ihre Vereinigung sowohl regelmäßige als unregelmäßige Krystalle bilden, und ein Stoff, welcher mit einem andern eine Verbindung eingeht, wird nur dann erst in seiner Grundform verändert, wenn die vereinigten Stoffe in dem gehörigen Mengenverhältnisse stehen.

„Vergl. Kastner's Syst. S. 80 u. f. — Als Oxydule bleiben die Metalle z. B. in den Grenzen der regelmäßigen Form, als „Oxyde" hingegen verändern sie dieselbe mehr oder minder und endlich ganz. Der Grund hiervon liegt in der von Bernhardi erschlossenen Unregelmäßigkeit der Grundform des Sauerstoffs; denn nach B. zerfallen alle Grundstoffe in Absicht auf Grundform, in folgende zwey Klassen:

I. Grundstoffe von regelmäßiger Grundform.			II. Grundstoffe von unregelmäßiger Grundform	
A	B	C	A	B
Chlorin	Silicium	Tellur	Sauerstoff	Schwefel
Fluorin	Aluminium	ꝛc	Stickstoff	Selenium
Jodin	Thorinium	Wolfram	Wasserstoff	Phosphor
Demant	ꝛc.	*		Boron
	*	Zinn		
	Magnium	Zink ꝛc.		
	ꝛc.			
	Kalium			

„Um die Winkel an den Krystallen zu messen, bedient man sich des Goniometers (Winkelmessers). Kr."

Phänomene der Cohärenz der Körper.

§. 146. Nicht allein die Theile eines und eben desselben Körpers hängen unter einander zusammen, sondern auch die Körper von einerley Art unter einander selbst, wenn sie sich berühren, und zwar um desto stärker, je genauer und in je mehr Punkten sie sich berühren.

Beyspiele des Zusammenhanges 1) flüssiger Körper giebt das Zusammenfließen der Wassertropfen, der Quecksilberkügelchen, der Oeltropfen bey ihrer Berührung; 2) fester Körper, das Zusammenhängen zwey geschliffener Messingplatten und Glasplatten.

§. 147. Auch Körper von ungleicher Art hängen unter einander zusammen, wenn sie sich genau genug berühren. Diese Stärke des Zusammenhanges ist zwischen verschiedenen ungleichartigen Körpern bey gleicher Berührungsfläche sehr verschieden.

Versuche: 1) Zwey Metallplatten, Glasplatten oder Marmorplatten, die mit Wasser oder Fett bestrichen sind, hängen scharf zusammen 2) Es werde eine runde dicke Messingplatte vermittelst eines in der Mitte derselben befindlichen Hakens durch einen Faden an den Arm eines Wagebalkens so aufgehängt, daß sie genau horizontal hängt; sie werde an der Waage ins Gleichgewicht gebracht, und dann auf die Fläche von untergesetztem Wasser, Weingeist und Quecksilber so gelegt, daß keine Luftblasen darunter bleiben. Die Waage wird aus dem Gleichgewicht gebracht seyn, und es werden Gewichte erfordert werden, um die Platte loszureißen. Diese Gewichte werden bey den verschiedenen Flüssigkeiten verschieden seyn müssen.

Der Druck der Luft kann von dieser Erscheinung nicht die alleinige Ursach seyn, da sie auch unter dem leeren Recipienten der Luftpumpe Statt hat, obgleich hier die Stärke des Zusammenhanges vermindert ist. Wäre der Druck der Luft die alleinige Ursach, so müßte die Stärke des Zusammenhanges sich bloß nach der Fläche richten, was doch nicht ist.

Hr. v. Morveau ließ von verschiedenen Metallen runde Platten von gleicher Größe und Gestalt machen, die 1 Zoll im Durchmesser hatten, und bestimmte die Kraft, mit der sie auf Quecksilber hingen. Es hing daran

das Gold mit einer Kraft von	446	Granen.
das Silber	429	.
das Zinn	418	.
das Bley	397	.
der Wismuth	372	.
der Zink	204	.
das Kupfer	142	.
der Spießglaskönig	126	.
das Eisen	115	.
der Kobold	8	.

Man sehe Anfangsgründe der theoretischen und praktischen Chemie von Hrn. de Morveau, Maret und Durande, a. d. Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel; Th. 1. Leipz 1779. 8. S. 49. ingleichem: Expériences faites en présence de l'Acad. de Dijon, le 12. Fevr. 1773. par Mr. *de Morveau;* in den *Obs. de Physique de Mr. l'Abbé* Rozier. T. I. S. 17 und 460.)

Nachricht von den Resultaten einer großen Anzahl von Versuchen dieser Art findet man bey Hrn. Achard: Versuche über die Kraft, mit welcher die festen und flüssigen Körper zusammenhangen, nebst der Bestimmung der Gesetze, denen diese Kraft in Absicht ihrer Vermehrung oder Verminderung nach der Natur einer jeden Flüssigkeit unterworfen ist; in seinen chymisch-phys. Schriften S. 354 ff. „Vergl. auch Huth's Versuche über Adhäsion; Gren's n. Journ. III. S. 290. Bugge's Beob. in d. Schrift d. phys. Klasse der dän. Gesellsch. d. Wiss. B. II. 249. Link in Gilbert's Ann. XLVII. S. 1. Ruhland (Schweigger's Journ. XL. 146.) Kr.)

§. 148. Es gründen sich auf diese Kraft des Zusammenhanges zwischen ungleichartigen Stoffen, das Zusammenleimen, die Kütte, der Mörtel, das Löthen, das Verzinnen, das Versilbern, das Vergolden.

§. 149. Aus verschiedenen bisher angestellten Versuchen scheint das Gesetz zu folgen: daß die Stärke der Adhäsion bey verschiedenen Paaren von einerley Körpern, sowohl von gleichartigen als ungleichartigen, mit der Menge der Berührungspunkte in Verhältniß stehe.

Versuche: Runde geschliffene Glasscheiben, deren Durchmesser sich wie 1, 2, 3 gegen einander verhalten, hängen mit Wasser mit verschiedenen Kräften zusammen, die sich gegen einander sehr nahe verhalten, wie 1^2, 2^2, 3^2, oder wie ihre Grundflächen. Man sehe auch Achard a. a. O. Tab. 4. und 5.

§. 150. „Wir unterscheiden absolute und relative Cohäsion. Erstere verhält sich bey durchaus gleichartigen Materien, wenn dieselben zwey cylindrische oder prismatische Körper darstellen, wie die Größe der Fläche ihrer Querschnitte; letztere wächst (unter gleicher Bedingung der durchgängigen chemischen Gleichartigkeit) bey zwey senkrechten Parallelepipeden im Verhältniß ihrer Breite und des Quadrats ihrer Dicke. Es folgt hieraus, daß für ausgehölte und dadurch sehr leichte Cylinder ꝛc. (z. B. Federn, Rohr u. m. dgl.) durch die Höhlung nur wenig an relativ

der Cohäsion verloren geht, während durch die Verminderung ihrer Masse ihre Bewegbarkeit sehr erleichtert worden ist. K."

„Bey zwey senkrechten Cylindern verhält sich die absolute Cohäsion wie das Quadrat des Durchmessers. Ueber das Gesetz der Größe der Cohärenz ungleichartiger Materien, s. oben die Anm. zu §. 128. Kr."

„Einige Nachricht von mehrern Erklärungsarten der nachfolgenden Adhäsions-Erscheinungen findet man in Haüy's Physik, übersetzt von Weiß, Th. I. Abth. 1. S. 255 ff."

§. 151. Auf den Zusammenhang flüssiger Materien mit festen, der größer oder kleiner ist, als der zwischen den Theilen der flüssigen Materie selbst, gründen sich verschiedene merkwürdige Phänomene. Wenn ein fester Körper mit einem flüssigen stärker zusammenhängt, als der flüssige unter sich, so hängen sich bey der Berührung die Theile des letztern an die erstern an, und machen ihn naß, oder sie zerfließen auf ihm; wenn hingegen die Cohäsionskraft zwischen den Theilen des flüssigen Körpers stärker ist, als zwischen diesem und dem festen Körper, so bleibt der letztere bey dem Hineintauchen in jenen trocken, und der flüssige Körper zerfließt nicht darauf, sondern bildet Kügelchen oder Tropfen (§. 140.). Da nun schwerere Flüssigkeiten auf leichtern festen Körpern allerdings zerfließen können, so ist dieß zugleich eine Bestätigung des vorigen Satzes (§. 149.)

Beyspiele: Quecksilber zerfließt auf Gold, Silber, Bley und Zinn, und man kann allerdings sagen, es mache diese Körper naß; es zerfließt hingegen nicht auf Eisen, Glas, Holz und Stein. Wasser zerfließt auf Glas, auf Holz und auf unserer Haut, und macht daher diese Körper naß; es zerfließt hingegen nicht auf einer mit Fett bestrichenen, oder besser mit Bärlappsaamen bestreueten Tafel. Man kann solchergestalt, wenn man auf die Fläche des Wassers Bärlappsaamen streut, durch denselben hindurch ins Wasser greifen, ohne daß die Finger naß werden. Fließende Metalle zerfließen nicht auf Steinen und erdigen Massen, und bilden darauf in kleinen Massen Kügelchen oder Tropfen.

„Indem wir mit dem Gemeingefühl das Nässen empfinden, zeigt dieses Sinnesorgan eine dreifache Bestimmung, es ist nehmlich Tastsinn, Adhäsions- oder Anziehungssinn und Temperatursinn zugleich; vergl. mein System S. 2. Kr."

§. 152. Ferner, wenn flüssige Materien in ihren Theilen stärker zusammenhängen, als mit den Theilen eines fe-

sten Körpers, so nehmen sie in den aus dem letztern gemachten Gefäßen eine convexe Oberfläche an, die dem Abschnitte einer Kugel um desto näher kommt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Taucht man den festen Körper in den flüssigen dieser Art hinein, so bildet die Flüssigkeit rund um ihn herum eine Vertiefung.

Beyspiele: Quecksilber steht in gläsernen Röhren mit einer convexen Fläche; fließende Metalle stehen in den irdenen Schmelzgefäßen mit einer convexen Fläche; Wasser steht in einem mit Fett ausgestrichenen und mit Bärlappsaamen bestreueten Glase mit convexer Fläche. Eine Glasröhre, Holz, der Finger in Quecksilber getaucht, verursacht rund umher eine Vertiefung im Quecksilber.

Nach hydraulischen Gesetzen sollte die Flüssigkeit in Gefäßen dieser Art eine vollkommene horizontale Oberfläche haben, und sie würde es auch, wenn die Theilchen ungehindert, ohne Cohäsion, der Schwere folgten. Wenn sie hinwiederum bloß der Cohärenz gleichförmig folgten, und nicht zugleich schwer wären, so würden sie auch in dem weitesten Gefäße eine vollkommene convexe Kugelfläche bilden. Sind sie aber nun zu gleicher Zeit schwer und cohärirend, so werden die mittlern Säulen sinken müssen, wenn sie um so viel höher stehen, als die äussere, daß ihr senkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Kraft der Cohärenz zu erhalten vermögend ist. Nur an den Seiten wird dann die Convexität wahrzunehmen seyn.

§. 153. Wenn hingegen flüssige Körper in ihren Theilen schwächer zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so stehen sie in den aus letzterm gemachten Gefäßen mit einer concaven Fläche, oder sie stehen am Rande höher, als in der Mitte. Und eben so bildet auch die Flüssigkeit um einen solchen festen Körper rings herum eine Erhöhung.

Beyspiele: Quecksilber steht in zinnernen oder bleyernen Gefäßen mit einer concaven Fläche; eben so auch Wasser in gläsernen Gefäßen. Um eine ins Wasser getauchte Glasstange steht dasselbe rund herum erhöhet; so auch das Quecksilber um eine Zinnstange.

Die Flüssigkeit würde nach hydraulischen Gesetzen, wenn ihre Theile bloß der Schwere, ohne Cohärenz, folgten, eine vollkommene horizontale Fläche annehmen. Wenn sie aber nun mit den Theilen der festen Körper cohäriren, so werden die Theilchen derselben, die die Wand des Gefäßes berühren, dadurch in ihrem senkrechten Drucke nach unten zu vermindert werden (gewissermaaßen durch das Ankleben an die Wand des Gefäßes); und sie werden an der Wand umher um so viel höher stehen müssen, als ihr verminderter Druck mit dem Drucke der davon entfernten Säulen das Gleichgewicht halten kann.

§. 154. Hierauf gründet sich nun das Phänomen der Haarröhrchen (Tubi capillares). Man versteht darunter

gläserne Röhren, deren Höhlung etwa den Durchmesser eines Pferdehaares und etwas drüber hat, und die an beyden Seiten offen sind. Stellt man die untere Oeffnung in eine Flüssigkeit, die auf Glas zerfließt, so steigt in kurzer Zeit die Flüssigkeit darin in die Höhe, und erhebt sich über die Oberfläche der äußern Flüssigkeit, und zwar zu einer größern oder geringern Höhe, nach der Enge des Haarröhrchens und der verschiedenen Natur der Flüssigkeit.

Versuche mit gläsernen Haarröhrchen in Wasser, Milch, Lackmustinctur, Tinte, u. dergl.

Das Haarröhrchen muß oben offen seyn, sonst wird die eingeschlossene Luft durch ihren Gegendruck beym Zusammenpressen das Aufsteigen hindern.

Wenn die gefärbten Flüssigkeiten durchsichtig sind, so lassen sie sich in dem Haarröhrchen nicht gut unterscheiden, weil sich wegen der Dünne der Säule die Farbe verwischt. Um diese besser wahrzunehmen, klebt man das Haarröhrchen auf einen Papierstreifen. Undurchsichtige Flüssigkeiten, z. B. Milch, lassen sich darin leicht wahrnehmen.

§. 155. In diesen Haarröhrchen steht die Flüssigkeit an den Seiten ebenfalls höher, als in der Mitte (§. 153.); aber wegen der geringen Entfernung fließt der Ring, welchen die Flüssigkeit an den Seiten bildet, zusammen. Wegen der fortwirkenden Ursach der Cohäsion steigt das Wasser an den Seiten nun abermals höher, fließt wieder zusammen, u. s. f., bis endlich das Gewicht der Säule der in dem Haarröhrchen aufgestiegenen Flüssigkeit im Gleichgewichte steht mit der Adhäsion, die zwischen dem Glase und der Flüssigkeit obwaltet. Denn nun hat das Aufsteigen natürlicherweise seine Gränzen.

Es versteht sich, daß die Flüssigkeit keine merkliche Viscosität haben darf.

§. 156. Der Grund des Aufsteigens der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen (und in den efflorescirenden Salzen) ist mit jenen des Auseinanderfließens der Tropfen, des Hangenbleibens einer Materie an der andern, (auch abgesehen vom äußern Luftdrucke) des scheinbaren Abstoßens und Anziehens kleiner schwimmender Körperchen, der Verbindung der Körper durch Kleben, Kütten u. s. w., und der

Gestaltsänderung der Oberflächen von den, bis zu bestimmten Höhen, in Röhren oder Gefäßen getragenen tropfbaren Flüssigkeiten, durchaus übereinstimmend und besteht in der Cohärenz (als Gegenzug zwischen den denkbar kleinsten Theilchen der Körper) und in der in unermeßbarer Ferne wirkenden Gegenziehung der zur Berührung gelangenden Flächen. Dem zu Folge wird bey den Haarröhrchen alles bestimmt, durch den Unterschied der Klebrigkeit in der Flüssigkeit und der Anhaftung zwischen der Flüssigkeit und der starren Innenfläche des Röhrchens. Kr."

„Vergl. *Laplace*: Théorie de l'action capillaire. Paris 1806 und Supplément à la théorie capillaire 1807. Anfänglich erschien diese Theorie als Einzelschrift, späterhin als Anhang zur Mécanique céleste. Vergl. auch damit Gilbert's Ann. XXV. S. 233 u. f. Kr."

Nach Muschenbroek (introductio in philosophiam naturalem, T. I. S. 573.) stiegen in Haarröhrchen von gleichem Durchmesser aus holländischem Flächenglase:

Destillirtes Wasser	3,40	Zoll rheinl.
Liquor anodynus	1,40	
Alcohol	1,80	
Aetzender Salmiakgeist	5,66	
Luftsaurer Salmiakgeist	4,56	
Salpetergeist	2,07	
Salzgeist	2,07	
Vitriolgeist	3,25	
Vitriolöl	1,30	
Terpentinöl	2,58	

In Haarröhrchen von eben dem Durchmesser, aber aus andern Glassorten, waren die respectiven Höhen eben dieser Flüssigkeiten größer und kleiner.

„Nach Muschenbroek's Theorie müßte eine Flüssigkeit, in längeren Haarröhrchen höher stehen als in kürzeren, wogegen sowohl neuere Beobachtungen als auch Laplace's Theorie streitet. Kr."

§. 157. „Laplace's Theorie zu Folge werden alle Wirkungen der Haarröhrchen abgeleitet von der Gestalt jener Oberfläche, welche das Tropfbarflüssige in den Röhrlein einnimmt. Es hängt aber diese Oberflächengestalt ab von dem Grade der in unermeßbarer Ferne wirkenden Anziehung zwischen den Wänden des Röhrchens und der Flüssigkeit, und sie ist entweder erhaben gekrümmt (convex), oder vertieft gekrümmt (concav). Im ersteren Falle wird jedes denkbare Theilchen der Oberfläche mit größerer Gewalt niederwärts ge-

zogen, als dieses bey den Theilchen einer ebenen, und mit noch größerer als es bey den Theilchen einer vertieft gekrümmten Oberfläche der Fall seyn würde (denn es kann jedes einzelne, unmittelbar unter der Oberfläche liegende Theilchen der Flüssigkeit auf mehr Berührungspunkte der Oberfläche wirken, wenn diese erhaben gekrümmt, als wenn sie eben ist, und bey letzterer offenbar auf mehr Punkte, als bey der gekrümmten) mithin muß die Flüssigkeit tiefer stehen, als sie bey ebener Oberfläche stehen würde, und also tiefer im Röhrlein, als außerhalb desselben. Im letzteren Falle muß aus den angegebenen Gründen das Umgekehrte des ersteren eintreten (denn es ist klar, daß die Entfernungen der Punkte der Oberfläche von jedem Einzelnen der unteren Punkte, rings um denselben, bey ebener Oberfläche stärker zunehmen als bey der convexen, und bey der concaven stärker als bey der ebenen). Je stärker daher die convexe Oberfläche gekrümmt ist, um so höher, und je mehr die „concave" gekrümmt ist, um so „tiefer" wird die Flüssigkeit im Röhrchen stehen, und da erfahrungsgemäß die Oberflächen in Röhren fast kuglig sind, so wird die Flüssigkeit sich im Röhrchen um so mehr heben oder senken, je kleiner der Halbmesser der Kugel, mithin je enger das Röhrchen ist. Kr."

„Die Kugelabschnitte, welche gleiche Flüssigkeiten in verschiedenen Röhren, deren Masse aber gleich ist, darbieten, ähneln einander Laplace's Beobachtung gemäß sehr. Vergl. auch meine Einleitung in die neuere Chemie. 2. Abschn. Kr."

§. 158. Flüssigkeiten, welche auf dem Glase nicht zerfließen, steigen auch in gläsernen Haarröhren nicht in die Höhe. Es ist also bloß die Kraft der Anziehung zwischen dem Glase und der Flüssigkeit, welche das Aufsteigen derselben in Haarröhren bewirkt (§. 155.), nicht der Druck der Luft oder eines eingebildeten Aethers.

Petr. van Muschenbroek de tubis capillaribus vitreis, in seinen *diss. phys.-experim.* S. 271. Tentamen theoriae, qua ascensus aquae in tubis capillaribus explicatur, auctore *Jos. Weitbrecht*, in den *Comment. acad. petropolit.* T. VIII. S. 262. *C. B. Funccii* Diss. de ascensu fluidorum in tubis capillaribus, Comment. L. D. Lps. 1775. 4.

§. 159. Die Höhen, zu welchen einerley Flüssigkeit in Haarröhrchen von verschiedenem Durchmesser und von einerley Glase aufsteigt, verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser der Haarröhren. Denn in einem Haarröhrchen, das noch einmal so weit ist, als ein anderes, müßte die Flüssigkeit viermal niedriger stehen, weil sie viermal so viel Gewicht hat (§. 155.); da aber das noch einmal so weite Haarröhrchen auch noch einmal so viel Berührungspunkte hat; die Adhäsion von einerley Körper aber den Berührungspunkten proportionirt ist (§. 149.), so müßte die Flüssigkeit deßwegen in diesem noch einmal so weiten Haarröhrchen noch einmal so hoch steigen, als in dem engern. Die Höhen einer flüssigen Materie in dem Haarröhrchen sind solchergestalt in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Diameter und dem umgekehrten der Quadrate der Diameter; sie verhalten sich folglich verkehrt wie die Diameter.

Gesetzt, es sey ein Haarröhrchen A, dessen Durchmesser = 1, und ein anderes B, dessen Durchmesser = 2 ist: so sollte, weil das Gewicht die Ursach des verhinderten weitern Aufsteigens der Flüssigkeit in Haarröhren ist, und der Inhalt der Cylinder sich verhält wie das Product aus dem Quadrate der Durchmesser der Grundflächen in die Höhen, um gleiches Gewicht der aufgestiegenen Säule zu haben, die Höhe

1) in A zu der in B seyn $= 2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Weil aber die Peripherie von A zu der von B sich verhält wie die Durchmesser; auch ferner die größere Peripherie mehr Berührungspunkte darbietet, und die Cohäsion zwischen einerley Körpern sich verhält wie die Menge der Berührungspunkte: so sollte die Höhe

2) in A zu der in B seyn $= 1 : 2$.

Wir haben also ein zusammengesetztes Verhältniß, wovon wir die Glieder multipliciren müssen, um ein einfaches zu erhalten. Es ist also die Höhe

in $A : B = 4 : 1$ (wegen 1),
in $A : B = 1 : 2$ (wegen 2),

folglich in $A : B = 4 : 2 = 2 : 1$; das ist, umgekehrt wie die Durchmesser.

§. 160. Wenn man zwey platte, reine Glasstreifen unter einem spitzigen Winkel über einander setzt, und einen Tropfen dünnes Oel, Wasser oder Weingeist, kurz, eine Flüssigkeit, die mit dem Glase zusammenhängt, und keine

merkliche Viscosität hat, so dazwischen bringt, daß der Tropfen beyde Glasplatten berührt, so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach dem Winkel beyder Glasplatten hin bewegen. Eben dieß wiederfährt auch einem Quecksilbertropfen zwischen zwey regulinischen Zinnplatten.

Wird (Fig 18.) der Tropfen k zwischen die beyden Platten AC und BC gebracht, die unter dem spitzen Winkel ACB über einander gestellt sind, und mit denen er zusammenhängt, so wird er die Figur defg annehmen müssen. Weil nun der Tropfen k gegen die beyden Platten AC und BC die Kraft der Cohärenz äußert, die Wirkung einer jeden Kraft aber nach der Perpendicularlinie geschieht (§. 95.), so muß auch der Wassertropfen mit der Kraft km in die obere, und mit der Kraft kn in die untere wirken. Da nun beyde Kräfte einen Winkel mkn einschließen, so wird der Tropfen durch die Diagonallinie kC getrieben werden. Je näher er aber nach C kommt, desto platter und breiter wird er, desto mehr wird folglich die Menge der Berührungspunkte vermehrt werden. Die Kraft der Cohärenz wird also um so stärker wirken, und daher die Bewegung nach der Direction kC beständig vermehren.

§. 161. Wenn man zwey reine Glastafeln unter einem spitzigen Winkel an einander setzt, und beyde vertical in Wasser oder eine andere Flüssigkeit stellt, die auf dem Glase zerfließt, so wird diese zwischen dem Winkel beyder Platten in die Höhe steigen, und der Rand der aufgestiegenen Flüssigkeit wird eine Hyperbel bilden.

Wenn man (Fig. 19.) zwey Glasplatten ADG und ECB mit der einen Kante A und B so aneinander fügt, daß sie mit der vordern DG und EC von einander abstehen, und den spitzen Winkel GBC bilden, so wird, wenn man sie vertical in Wasser hält, dieses in dem Winkel in die Höhe steigen, und die Figur imfg annehmen. Denn weil man sich zwischen beyden Platten lauter Haarröhrchen denken kann, die desto enger sind, je näher sie nach AB zu stehen, so wird, nach dem Gesetze der Haarröhren, das Wasser um desto höher steigen, je kleiner der Abstand beyder Platten wird. Durch richtige Ausmessung hat man gefunden, daß gimri eine Hyperbel sey, deren Asymptoten AB und BC sind: denn Bp verhält sich zu Bn, wie der Abstand der Glasplatten qp zu on. Es ist aber die Höhe mn zu der fp in umgekehrtem Verhältniß der Abstände der Platten an diesen Orten, oder wie Bp zu Bn. Folglich wird auch $Bp \times fp = Bn \times mn$ seyn, und also die Eigenschaft einer Hyperbel haben.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 1062.

§. 162. Wenn man eine kleine hohle Glaskugel auf das Wasser in einem Trinkglase setzt, so wird sie in der Mitte der Wasserfläche ruhig bleiben. So wie sie aber der

Wand des Gefäßes nahe kommt, so wird sie sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach derselben hin bewegen. Eben so bewegt sie sich auch von der Mitte des Wassers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Wasser steckt, und der davon naß wird, und zwey Glaskügelchen bewegen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit gegen einander, wenn sie auf der Mitte des Wassers schwimmen, und einander nahe genug kommen. Auch diese Phänomene folgen aus der Adhäsion bey der unmittelbaren Berührung, und wir brauchen auch dazu keine anziehende Kraft, die in der Entfernung schon wirksam sey.

„Scheinbare Abstoßung, wenn die tragende Flüssigkeit von einem darauf schwimmenden Körperchen gehoben, von einem andern niedergehalten wird, und umgekehrt: scheinbare Anziehung zweyer schwimmenden Körperchen, die beyde die Flüssigkeit niederhalten oder heben. Ein Korkstückchen und ein Talg (Unschlitt,) Stückchen stoßen sich scheinbar ab, Talg und Talg ziehen sich scheinbar an. — Hieher gehört auch das Phänomen der auf Wasser schwimmenden, sehr feinen stählernen Nadeln. Kr."

Es befinde sich (Fig. 20.) ein hohles Glaskügelgen G auf der Mitte der Wasserfläche ef des Gefäßes ABCD. Es wird, ob es gleich darauf schwimmt, sich doch nach hydrostatischen Gesetzen darein bis zu einer gewissen Tiefe einsenken. Das Wasser, das damit cohärirt, wird daran, wie in g und h, und so rund herum, sich erheben, und einen kleinen Wasserberg um das Kügelchen bilden. Da nun das Wasser in g und h, und so um das Ganze herum, gleich hoch strebt, so wird es auch dasselbe nach allen Punkten gleich stark ziehen, und die entgegengesetzten gleich großen Kräfte werden sich wechselseitig aufheben, folglich keine Bewegung hervorbringen.

So wie aber das Kügelchen der Wand des Gefäßes näher kommt, z. B. der Wand A, und sich nun in H befindet, so wird der an der Wand A in e aufgestiegene Wasserberg mit dem am Kügelchen auf der Seite in k befindlichen zusammenfließen, und das Wasser wird folglich auf dieser Seite an dem Kügelchen und zwischen der Wand wieder höher steigen. Da nach dem Punkte des Kügelchens zu, der der Wand A am nächsten ist, das aufgestiegene Wasser auf beyden Seiten um desto höher treten muß, weil der Abstand von der Wand da am kleinsten ist (wie vorher §. 161. bey den Glasplatten), so wird, wegen des Zusammenfließens dieser Wasserberge auf beyden Seiten des Kügelchens zunächst der Wand, und des Anhängens des Wassers an das leicht bewegliche Kügelchen, dieses von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel einschließen, und sich nach der Diagonale beyder Richtungen, das ist, nach der Wand zu, bewegen. Je näher das Kügelchen der Wand kommt, desto höher wird das Wasser an ihm und der Wand in die Höhe steigen, weil der Abstand beyder nun immer kleiner wird. Je höher aber das Wasser an der Kugel hinaufsteigt, desto größer wird die Anzahl der Berührungspunkte zwischen ihr und dem Wasser. Da

nun solchergestalt die Cohärenz des Wassers von der Seite k stärker wirkt, als auf der Seite l, so wird das Kügelchen sich nach der Seite k bewegen, und zwar um desto schneller, je näher es nach A kommt.

Eben diese Bewandtniß hat es nun auch, wenn man in der Nähe des Kügelchens den Finger ins Wasser steckt: denn das Wasser wird an diesem auch in die Höhe steigen, wie an der Wand des Gefäßes, und dieselbige Ursach Bewegung des Kügelchens hervorbringen, die es gegen die Wand zu bewegt.

Weil ferner das Wasser stärker mit dem Glase und dem Finger zusammenhängt, als unter sich, so wird das Kügelchen dem Zuge des Fingers folgen, an dem das Wasser gewisser Maaßen, so wie an dem Kügelchen, klebt.

Aus dem Angeführten wird man nun leicht einsehen, warum zwey Kügelchen, die vom Rande des Gefäßes entfernt in die Mitte des Wassers gelegt werden, sich gegen einander bewegen, wenn sie einander nahe genug gekommen sind.

§. 163. Wenn ein Gefäß mit einer Flüssigkeit, die sonst damit cohärirt, überall angefüllt wird, so wird sie aus derselben Ursach, warum eine Flüssigkeit für sich allein Tropfen bildet (§. 140.), eine convexe Oberfläche erhalten, die desto mehr der sphärischen Gestalt nahe kommt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Es ist hier ganz so, wie mit den Oberflächen der Flüssigkeiten in Gefäßen, die damit nicht cohäriren (§. 152.). Legt man nun ein hohles Glaskügelchen auf ein mit Wasser übervoll gefülltes Glas, so wird es sich von dem convexen Rande weg nach der Mitte zu bewegen.

Gesetzt, es befinde sich (Fig. 21.) ein hohles Glaskügelchen G auf der convexen Fläche AC des Wassers in dem damit übervoll angefüllten Gefäße ABCD, so wird sich, wenn es am Rande A steht, zur Seite l weniger Wasser erheben, als in k, weil der Winkel in k zwischen dem Wasser und dem Kügelchen spitzer ist, als l. Es wird sich also wegen der stärkern Cohärenz in k nach k zu vom Rande abwärts bewegen, bis sich in der Mitte der Fläche um das Kügelchen herum das Wasser gleich hoch befindet.

§. 164. Wenn eine Flüssigkeit aus einem Gefäße, womit sie stärker cohärirt, als unter sich, und welches keinen nach außen umgelegten Rand hat, in der geneigten Lage desselben ausgegossen wird, so läuft sie längs der Wand des Gefäßes auswendig hinab, ohngeachtet sie durch die Schwere nach der senkrechten Richtung herabgetrieben werden sollte. Sie wird nehmlich jetzt durch zwey Kräfte zu

gleicher

gleicher Zeit afficirt, durch die der Cohärenz und der Schwere, und muß eine mittlere Bewegung dadurch erhalten. Flüssigkeiten hingegen, die mit dem Gefäße nicht cohäriren, laufen auch beym Ausgießen in der geneigten Lage des Gefäßes nicht längs der Wand desselben auswendig herab. Im gemeinen Leben giebt man, des erstern Zufalles wegen, den zum Ausgießen der Flüssigkeiten bestimmten Gefäßen entweder einen umgebogenen Rand, oder Einschnitte und Ausgüsse, um dadurch die Richtung oder Menge der Berührungspunkte, und so die Stärke der Cohärenz, zu vermindern.

Beyspiele: Wasser fließt an der Wand eines vollen Trinkglases beym Neigen desselben herab, Quecksilber an der Wand eines zinnernen Gefäßes.

Wasser fließt an der mit Fett bestrichenen und mit Bärlappsaamen bestreuten Wand eines Glases, und Quecksilber an der Wand einer steinernen Schaale beym Ausgießen nicht herab.

Es sey (Fig. 22.) AB ein mit Wasser gefülltes Glas, das in die geneigte Lage gebracht worden ist: so wird der Tropfen a zwar durch die Schwere in der Direction ac getrieben werden, aber die Cohärenz desselben mit dem Glase wird nach der auf der Wand senkrecht stehenden Wirkung ihn nach der Direction ab zu ziehen; er wird also nach der Richtung der Diagonallinie ae getrieben werden *). Dieß wird von allen nachfolgenden Tropfen gelten, und sie werden, wenn sie unmittelbar hinter einander folgen, einen Wasserstrahl längs der Wand des Gefäßes ae machen. Wenn zu viel Wasser auf einmal ausgegossen wird, so ist das Gewicht des Wasserstrahls viel größer, als die Summe der Cohäsionskräfte in den berührenden Theilen, und dann fällt der Wasserstrahl senkrecht herab. Dieß erfolgt auch, wenn das Gefäß horizontal gehalten wird. Alsdann wird die Richtung, nach der die Cohärenz auf das Gefäß wirkt, der der Schwere gerade entgegengesetzt, und das Wasser muß der Wirkung der größern Kraft folgen. Eben dieß ist auch der Fall, wenn der Tropfen in dem Punkte e ist. Er wird nun nach der Directon ed durch die Cohärenz gegen das Gefäß, und nach ef durch die Schwere getrieben. Beyde Kräfte sind sich entgegengesetzt; und es kommt nun darauf an, welche Kraft die größeste ist, die bewegende Kraft der Schwere, d. h., das Gewicht des Wassertropfens, oder die Cohärenz desselben mit dem Glase. Ist das erstere, so fällt er herab; ist das letztere, so bleibt er hängen. Wenn der Wasserstrahl sehr geschwind am Glase hinunter läuft, so erhält er durch den Fall eine Geschwindigkeit und die Kraft, nach der Direction aei sich fortzubewegen. Da er aber durch die Schwere zu gleicher Zeit, während er nach ei zu gehen fortfahren will, nach ef hinabgetrieben wird, so durchläuft er ek, und die Folge wird lehren, daß dieß eine parabolische Linie seyn müsse.

*) „Eigentlich ist ae nicht nothwendig die Diagonale der beyden Kräfte: denn die Lage der Diagonale hängt von dem Verhältnisse

der Kräfte ab. Fällt die wahre Diagonale innerhalb des Winkels bae, so läuft der Tropfen am Gefäße hinab; fällt sie aber innerhalb des Winkels cae, so wird er abfallen. Eine ähnliche Bemerkung ist bey den Erläuterungen zu §. 165. zu machen. F.

§. 165. Wenn aus der Mündung einer engen Röhre, die etwa eine halbe Linie im Durchmesser hat, ein Wasserstrahl senkrecht hervorspringt, und es wird derselbe zur Seite mit einem cylindrischen Körper berührt, der von der Natur ist, daß das Wasser auf ihm zerfließt: so wird er sich um den cylindrischen Körper herum bewegen, und herabfallen. Dieß gilt von jeder Flüssigkeit, die mit den cylindrischen Körper stärker zusammenhängt, als unter sich. Eben so wird auch das Wasser aus einer senkrechten Röhre, die nicht sehr weit, und von der Natur ist, daß das Wasser darauf zerfließt, wenn die Mündung der Röhre schief abgeschnitten ist, nicht in der senkrechten, sondern in einer geneigten Richtung hervorspringen. Diese Wirkung wird weder im ersten, noch im andern Falle erfolgen, wenn die Mündung der Röhre sehr weit ist. Flüssigkeiten, die im ersten Falle nicht mit dem cylindrischen Körper, und im zweyten nicht mit der Materie der Röhre stärker zusammenhängen, als unter sich, werden jene Erscheinungen nicht zeigen, wenn auch die Mündung der Röhre sehr eng ist.

Es springe (Fig. 25.) das Wasser aus der engen Mündung b der Röhre ab in der senkrechten Richtung bck hervor, und es werde der Wasserstrahl in c mit einem runden gläsernen, metallenen oder hölzernen Stabe berührt, so wird der Strahl gleich seine Richtung am Berührungspunkte ändern, um den Stab herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, und von e herab in der Richtung ef fallen. Jeder den Stab berührende Tropfen strebt durch die Kraft des Drucks, die ihn nach oben zu treibt (Fig. 24.), nach gk zu gehen; die Cohärenz mit dem Stabe aber macht, daß er senkrecht darauf angezogen wird, also nach der Richtung gc wirkt: er wird daher, von zwey Kräften, gk und gc, getrieben, die Diagonale gg durchlaufen. Da aber die Kraft der Cohärenz gc stetig wirkt, so wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tangente gk abgelenkt werden, folglich eine krumme Linie um den Stab herum beschreiben, wo die Cohärenz nach der Richtung gc die Centripetalkraft, und der Sprung in der Linie gk die Tangentialkraft ist. Durch die Wirkung der Schwere wird zwar diese Tangentialkraft beym Hinabsteigen des Strahls auf dem linken Halbkreise befördert, aber auch wieder unten dadurch geschwächt: die Tropfen werden also unten langsamer bewegt werden, wenn sie wieder der Richtung der Schwere entgegen in die Höhe steigen sollen, sich folglich wegen des

schnellern Nachfolgens der folgenden anhäufen; und durch das vergrößerte Gewicht die Stärke der Cohärenz gegen den Stab zu überwinden, und solchergestalt herabfallen.

Es sey (Fig. 25.) ad eine enge gläserne Röhre, die in dc eine schiefe Mündung hat; und es werde daraus das Wasser nach der Richtung cf zu springen genöthigt. So wie das Wasser die schiefe Mündung erreicht, so wird es nun noch auf der einen Seite die Kraft der Cohärenz in der Richtung cg äußern können, aber auch nun von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel gcf einschließen. Es muß sich folglich nach der Diagonale dk bewegen.

Ist der Wasserstrahl zu stark, so ist die bewegende Kraft desselben zu groß, so daß die Kraft der Cohärenz des Wassers und des Gefäßes in beyden Fällen ganz dagegen verschwindet.

Hamberger elem. phys. §. 168.

§. 166. Aus den bisher vorgetragenen Sätzen von der Kraft der Cohärenz zwischen festen und flüssigen Körpern, und der Erscheinung der Haarröhrchen, läßt sich nun auch erklären, warum Wasser und andere Flüssigkeiten in Materien, deren Gewebe zarte Zwischenräume und Röhrchen bildet, und die damit stärker zusammenhängen, als die Theile der Flüssigkeit unter sich thun, z. B. in Löschpapier, Schwamm, Leinwand, Zucker, geballter Asche, Tochten u. dergl., aufsteigen. Ingleichem läßt sich auch daraus das Durchfließen solcher Flüssigkeiten durch allerley Seihewerkzeuge, als Löschpapier, Leinwand, Zwillig, Filz, u. dergl., erklären. Alles, was eine Flüssigkeit hindert, in einer Haarröhre einer Materie aufzusteigen, verhindert auch das Durchfließen durch dergleichen Körper. So fließt Oel nicht durch Löschpapier, das mit Wasser befeuchtet ist; Quecksilber nicht durch Flor und Leinwand, wenn sein Druck nicht zu groß ist. Endlich läßt sich auch daraus erklären, warum Salz oder Salzsolutionen in nicht ganz damit vollgefüllten gläsernen Cylindern beym unmerklichen Abdunsten über den Rand des Glases steigen können.

„Häufig werden feste, besonders organische Körper durch eingedrungene tropfbare Flüssigkeiten beträchtlich ausgedehnt, und umgekehrt durch Verjagung der eingedrungenen oder überhaupt darin vorhandenen Flüssigkeit zusammengezogen. Beyspiele gewähren das Krümmen des Holzes (z. E. der Schiffsplanken) über dem Feuer, während die abgewendete, der zu krümmenden entgegengesetzte Seite desselben Holzes genäßt und dadurch mehr ausgedehnt wird; das Spannen eines Bogens Papier über den Rahmen, indem man das

Papier zuvor durchgängig näßt, wodurch es sich nach allen Richtungen ausdehnt, es dann mit seinem Rande aufleimt und nun trocknen läßt, da es sich dann wieder zur vorigen geringeren Raumesgröße zusammenzieht, und so vollkommen gleichförmig erscheint; die Spaltung von Felsstücken durch Holzkeile, indem man in die zuvor mit einem Meisel gemachten Einschnitte dünne zuvor stark gedörrte und vollkommen ausgetrocknete Holzkeile treibt, und sie hierauf zu verschiedenen Malen mit Wasser begießt; das Wasser einsaugend und damit aufquellend, spalten sie das Gestein; das Auseinandertreiben der Schädelknochen durch mittelst Wasser aufzuquellende Erbsen; das Verfahren, erhabene Figuren auf Holz hervorzubringen, indem man dergleichen Figuren zuvor eingräbt, oder richtiger, mittelst eines Grabstichels in die Holzfläche eindrückt, nun die Oberfläche so weit abhobelt, bis sie mit den Vertiefungen gleich wird, und darauf das Holz ins Wasser taucht, wo dann die gepreßten Stellen aufquellen und erhaben erscheinen.

§. 167. Flüssigkeiten, die mit einem festen Körper nicht so stark zusammenhängen, als es ihre Theile unter sich thun, steigen in den aus dem festen Körper gemachten Haarröhren nicht in die Höhe, sondern stehen, wenn man diese letztern darein eintaucht, in dem Haarröhrchen tiefer als auswendig.

Beyspiele: Quecksilber, geschmolzenes Bley, Zinn u. dergl., steht in einem gläsernen Haarröhrchen, das hineingetaucht wird, tiefer, als auswendig umher.

1) Da das Quecksilber mit dem Glase nicht zusammenhängt, so kann es auch in dem daraus verfertigten Haarröhrchen nicht aufsteigen. Aber warum steht es darin tiefer, als auswendig, wenn das Haarröhrchen ins Quecksilber getaucht wird? Wenn (Fig. 26.) das Haarröhrchen ab in das Quecksilber getaucht wird, dessen Oberfläche in gf des Gefäßes CDEF liegt, so sollte das Quecksilber, nach hydrostatischen Grundsätzen, darin so hoch stehen, als auswendig; es steht aber darin nur bis zur Höhe kl. Das Quecksilber kann nehmlich nicht eher ins Haarröhrchen hineindringen, als bis seine Theile getrennt sind. Da die Theilchen des Quecksilbers auf dem Glase nicht zerfließen, so kann die Cohärenz zwischen Glas und Quecksilber diese Trennung nicht bewirken. Es wird daher ein Druck des umgebenden Quecksilbers nöthig seyn, um diesen Zusammenhang der Theile des Quecksilbers aufzuheben. Es muß also der Druck des Quecksilbers in der Höhe kg oder lf um das Haarröhrchen herum angewendet werden, um die in das Haarröhrchen aufzuführenden Theilchen des Quecksilbers von einander zu trennen; er kann also nicht auch noch die Wirkung verrichten, das Quecksilber im Haarröhrchen bis zur Höhe gf zu erheben, und es bleibt also dasselbe nur bis zur Höhe kl im Haarröhrchen stehen. Es folgt hieraus, daß immer gleich viel an der Höhe des Quecksilbers im Haarröhrchen fehlen müsse, es mag so tief untergetaucht werden, als es will.

Muschenbroek a. a. O. in den Diss. phys.-experim. S. 505.

4) Je enger das gläserne Haarröhrchen ist, desto tiefer steht das Quecksilber, in welches dasselbe eingetaucht wird, darin; und es verhält sich die Höhe des Quecksilbers außer dem Haarröhrchen über die in demselben umgekehrt, wie die Durchmesser der Haarröhrchen.

Ich muß gestehen, daß die Erklärung, welche Hamberger von dieser Erscheinung anführt (a. a. O. S. 131.), mich nicht befriedigt. Ich will daher eine andere versuchen. Man kann sich vorstellen, daß das Quecksilber rund um das Haarröhrchen herum aus lauter Säulen besteht, die die Grundfläche des Haarröhrchens haben, und die also bey gleicher Höhe mit einander im Gleichgewicht sind. Nach dem in der vorigen Anmerkung angeführten nun ist zur Trennung der Quecksilbertheilchen, die in das Haarröhrchen aufsteigen sollen, ein Druck nöthig, der durch die über kl (Fig. 26.) liegende Schicht bewirkt wird, die wir die Druckschicht nennen wollen, und die wir uns von gleicher Grundfläche mit der im Haarröhrchen befindlichen denken können, und nach hydrostatischen Gesetzen denken müssen. Je kleiner nun der Durchmesser des Haarröhrchens ist, desto kleiner wird die Grundfläche der darein getretenen Quecksilbersäule seyn; desto höher wird folglich wieder die äußere benachbarte Druckschicht von gleicher Grundfläche seyn müssen, um durch einen gleichen Druck das Quecksilber in dem Zusammenhange zu zertheilen, der das Eindringen desselben in das Haarröhrchen hindert. Ist der Durchmesser des Haarrohrs noch einmal so klein, so ist die Grundfläche viermal kleiner: folglich müßte die Höhe einer auswendigen Druckschicht lf, fg, von gleicher Grundfläche, viermal höher seyn, um ein gleiches Gewicht zu haben. Aber bey dem halb so großen Durchmesser wird die Peripherie nur halb so groß, folglich auch die Menge der zu trennenden Quecksilbertheile halb so groß seyn. Die Trennung des Zusammenhanges der letztern ist aber das Hinderniß des Aufsteigens. Folglich müßte hier der Widerstand nur halb so groß seyn, und das Quecksilber müßte durch gleichen Druck noch einmal so hoch hineindringen. Es wären diesemnach die Höhen des Quecksilbers auswendig in einem zusammengesetzten Verhältnisse, nehmlich des umgekehrten des Quadrats der Diameter und des geraden der Diameter der Haarröhrchen: folglich verhielten sie sich umgekehrt, wie die Diameter der Haarröhren.

5) Hieraus folgt denn nun, daß, so wie das Wasser zwischen zwey unter einem spitzen Winkel zusammengesetzten Glastafeln, die vertical ins Wasser gestellt werden, aufsteigt, und eine Hyperbel bildet (§. 161.), das Quecksilber zwischen diesen in dasselbe getauchten Glastafeln in der umgekehrten Stellung eine Hyperbel bilden müsse.

Muschenbroek intr. in philos. natural. §. 1062. Tab. XXVI. Fig. 13.

§. 168. Wenn ein leicht beweglicher Körper auf einer Flüssigkeit schwimmt, die daran nicht zerfließt, und die Flüssigkeit in einem Gefäße enthalten ist, das davon naß wird, so wird der Körper vom Rande des Gefäßes mit einer desto größern Geschwindigkeit zurückgehen, je näher er

dem Rande gebracht worden ist. Hält man, wenn der Körper in der Mitte ruhig liegt, einen andern Körper, der von der Flüssigkeit naß wird, in der Nähe des schwimmenden Körpers hinein, so wird der letztere sich davon abwärts bewegen.

Beyspiel: Eine mit Fett bestrichene und mit Bärlappsaamen bestreute hohle gläserne Kugel geht auf Wasser in einem Glase von der Wand zurück, gegen die man sie geführt hat. Liegt sie in der Mitte ruhig, und taucht man den Finger in der Nähe derselben hinein, so bewegt sie sich vom Finger abwärts. Die Bewegung eines schweren Körpers auf der schiefen Ebene erklärt hier alles, wenn man zugleich erwägt, daß das Wasser an der Wand des Glases und am Finger höher steht, als weiter abwärts.

§. 169. So wie die verschiedenen ungleichartigen Körper nicht mit gleicher Kraft unter einander zusammenhängen (§. 147.), so zeigen auch die verschiedenen ungleichartigen Bestandtheile der Körper selbst nicht eine gleich starke Anziehung unter einander; und die Erfahrung lehrt, daß zwey verbundene und zu einem sich gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe dadurch getrennt werden können, wenn ein dritter Stoff dazugesetzt wird, mit welchem einer von den beyden verbundenen stärker zusammenhängt, als sie unter sich selbst zusammenhängen.

„Den Grund aller chemischen Anziehung enthalten, neben dem äußeren Drucke, die gegenseitigen anziehenden und abstoßenden Flächenkräfte der Materien. Kr.

§. 170. Man nehme diesemnach an, daß zu einem aus zwey ungleichartigen Bestandtheilen a und b zusammengesetzten Körper C ein anderer Stoff d gesetzt werde, mit welchem a stärker zusammenhängt als mit b, so wird sich natürlicherweise a mit d vereinigen, und wenn diese Verbindung nun keine Anziehung mehr mit b hat, so wird b abgeschieden.

Beyspiele: Setzt man zu einer Auflösung (C) aus Weingeist (a) und Harz (b), Wasser (d), so wird das Harz abgeschieden. Schüttet man zu einer Auflösung des arabischen Gummi in Wasser, Weingeist, so wird das Gummi geschieden. Vermischt man die Auflösung der Kalkerde in Salpetersäure mit feuerbeständigem Alkali, so wird die erstere getrennt. Durch Kupfer trennt man das in Scheidewasser aufgelös'te Quecksilber, durch Eisen das in Scheidewasser aufgelös'te Kupfer.

§. 171. Es wird also hier durch die stärker oder schwächer wirkende Anziehung eine Trennung ungleichartiger Theile (§. 111.) bewirkt, die vorher ein homogenes Ganzes ausmachten, und durch äußere Gewalt nicht getrennt werden konnten, durch die man nur gleichartige Theile von einander absondern kann.

§. 172. Die Wirkung dieser den Stoffen in der Natur beywohnenden Kraft der Anziehung, vermöge welcher sich ungleichartige unter einander stärker oder schwächer anziehen, nennt man die **chemische Verwandtschaft** (Affinitas chemica); und man schreibt demjenigen Stoffe eine nähere oder stärkere Verwandtschaft mit einem andern zu, als mit einem dritten, der von jenem stärker angezogen wird, als von diesem.

§. 173. Man hat mehrere Arten der Verwandtschaften unterschieden, ohngeachtet es immer eine und eben dieselbe Kraft ist, die sie bewirkt, und die sich nur nach der verschiedenen individuellen Natur der Materie stärker oder schwächer, und nach Verschiedenheit der Umstände in gewissen Abänderungen zeigt. Sie lassen sich aber sämmtlich auf drey Arten zurückbringen.

§. 174. Die erste ist **Verwandtschaft der Zusammensetzung** oder die **mischende Verwandtschaft** (Affinitas mixtionis, compositionis, synthetica), wenn zwey oder mehrere ungleichartige Stoffe sich zu einem neuen völlig gleichartigen Ganzen vereinigen.

Beyspiele: Gummi und Wasser.
Zucker und Wasser,
Salz und Wasser,
Wasser und Weingeist,
Oel und Wachs,
Geschmolzenes Bley und Zinn,
Silber und Scheidewasser,
Kreide und Essig,
Silber und Schwefel,
Silber und Gold,
Silber, Gold und Kupfer, rc.

§. 175. Hierher gehört auch die Aneignung (Appropriatio), wenn zwey ungleichartige Stoffe, die keine zusammensetzende Verwandtschaft gegen einander äußern, durch Hülfe einer dritten Substanz, und mit dieser zusammen, in Verbindung treten, und sich zu einem homogenen Ganzen vereinigen.

Beyspiele: Fettes Oel, Wasser, Alkali.
Schwefel, Wasser, Alkali.

Eben so wenig, als diese aneignende Verwandtschaft, ist die sogenannte vorbereitende als eine eigene Art der Verwandtschaft zu unterscheiden.

§. 176. 2) Die einfache Wahlverwandtschaft (Affinitas electiva simplex) findet Statt, wenn zwey mit einander zu einem gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe durch einen hinzukommenden dritten getrennt werden, der einen von den beyden verbundenen stärker anzieht, als sie sich unter einander anziehen, und wobey der andere abgeschieden wird.

Beyspiele:

Vorige Zusammensetzung.

Harz	Weingeist. / Wasser.	Neue Zusammensetzung.

Vorige Zusammensetzung. (Alaun.)

Thonerde	Schwefelsäure. / Gewächsalkali.	Neue Zusammensetzung.

Vorige Zusammensetzung. (Bleyglanz.)

Bley	Schwefel. / Eisen.	Neue Zusammensetzung.

„Der unpassende Ausdruck Wahlverwandtschaft wurde von Bergmann eingeführt, gemäß der Vorstellung, daß bey der Zersetzung eines Gemisches ab durch c, a oder b von Seiten des c, oder umgekehrt, mit Auswahl angezogen werde; Berthollet suchte dagegen zu zeigen, daß die Zersetzung sowohl im obigen, wie auch in den Fällen der weiter unten zu erwähnenden doppelten Wahlverwandtschaft größtentheils zu Stande komme durch die Wirkungen der Cohäsion, daß jedoch auch darauf — wie auf die Mischung zweyer oder mehrerer Materien — die ursprüngliche oder erst gewordene Ausdehnsamkeit derselben, das Licht, die Wärme, und vorzüglich die Menge der in Gegenwirksamkeit gerathenen Materien, Einfluß habe. Vergl. C. L. Berthollet Untersuchung über die Gesetze der Verwandtschaft in der

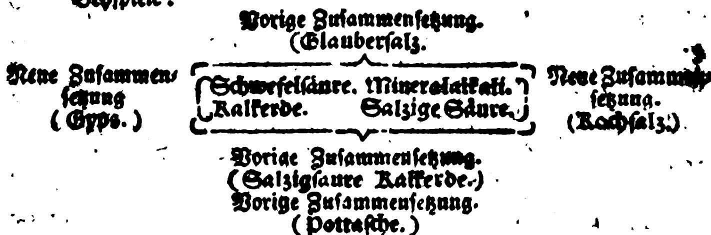
Chemie, aus dem Franz. übers. von E. G. Fischer. Berlin 1802. 8. C. L. Berthollet Versuch einer chem. Statik, aus dem Franz. von Bartholdy und Fischer. I — II. B. Berlin 1811. 8. Jener angebliche Einfluß der Menge der chemisch Wirksamen auf den Erfolg ihrer gegenseitigen mischenden oder zersetzenden Wirkung (womit der Berthollet'sche Lehrsatz zusammenhängt, daß zwey oder mehrere ungleichartige Materien sich in allen Verhältnissen zu mischen vermögen, wenn kein Hinderniß obwalte) wurde von mehreren Chemikern bezweifelt, und da sich bald darauf bestätigte, was bereits Richter gelehrt hatte, daß sich die chemisch Wirksamen nur in bestimmten Verhältnissen mit einander vermischen, und daß die Materie a von der Materie b hinsichtlich der Wirkung auf c nur in einem bestimmten Mengenverhältniß vertreten werden könne (vergl. §. 9. Anm.), so erhielt dadurch Berthollet's Lehre eine beträchtliche, die Chemie der mathematischen Bearbeitung fähig machende Berichtigung. Vergl. meine Einleitung a. a. O. 4ter Abschn. Welchen Einfluß die Elektricitäten auf die chemische Anziehung und Abstoßung haben, wird weiter unten gezeigt werden. Kr."

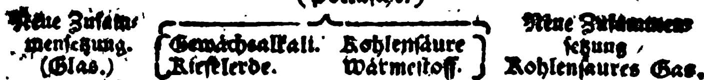
§. 177. „Neueren Erfahrungen gemäß verhalten sich alle bekannten ungleichartigen Materien, hinsichtlich der für sie möglichen chemischen Wirkungen als Gegenstoffe oder entgegengesetzte Stoffe, deren gegenseitige Anziehungen in bestimmten Verhältnissen zu ihren Massen stehen, und die mit bestimmter Masse chemisch ziehend dadurch einen bestimmten oder bestimmbaren chemischen Wirkungswerth, ihren stöchiometrischen Werth zu erkennen geben; vergl. oben §. 128. Anm. Hat man diesen Werth für jeden der bekannten Stoffe in Zahlen ausgedrückt, so kann man mit Hülfe derselben für je zwey Stoffe oder für je zwey Gemische u. s. w. die Mengenverhältnisse bestimmen, in welchen sie sich zu festen Gemischen zu vereinigen vermögen; vergl. §. 9. Anm. Zugleich hat sich aber auch ergeben, daß die stöchiometrischen Werthe, mit den Dichtigkeiten, Cohärenzen, Eigenwärmen (Wärmegrößen der einzelnen Materien oder specifischen Wärmen) und mit der Art und dem Maaße der durch Berührung ungleichartiger Materien zu Stande kommenden gegenseitigen Elektrisirung (deren wir ebenfalls weiter unten gedenken werden) in bestimmten Verhältnissen stehen, so daß eines dieser verschiedenen Verhältnisse nicht abgeändert werden kann, ohne daß dadurch alle übrigen eben so bestimmte entsprechende Abänderung erleiden. K."

„Sind daher zwey dieser Verhältnisse bekannt, z. B. die chemische Zahl (oder der stöchiometrische Werth) und die Dichtigkeit, so läßt sich daraus das dritte, z. B. die Cohärenz und mit Hülfe derselben das vierte (z. B. Eigenwärmewerth) u. s. w. erschließen und berechnen; §. 128. Anm. Weiter unten werden wir Gelegenheit erhalten, die stöchiometrischen Werthe und die daraus entspringenden Mischungsverhältnisse der Stoffe und Gemische näher zu bestimmen; einstweilen vergl. oben a. a. O. und §. 52. Anm., §. 115. Anm. §. 115—119. Kr."

§. 178. 3) Die dritte Art der Verwandtschaft ist die **mehrfache Wahlverwandtschaft** (Affinitas duplex, multiplex), wobey mehr als eine neue Verbindung ungleichartiger Stoffe Statt findet, oder wenn zwey mit einander vereinigte Stoffe durch Hinzukunft zweyer andern (die unter sich verbunden, oder auch einzeln seyn können), vermöge der respectiven Anziehung zu denselben, getrennt werden; und wobey zwey neue Verbindungen entstehen.

Beyspiele:





§. 179. Wenn eine Materie sich mit einer andern specifisch verschiedenen oder ungleichartigen dergestalt vereinigt, daß sie zusammen eine völlig gleichartige Masse ausmachen, in der wir die Theile der einen von den Theilen der andern nicht mehr zu unterscheiden vermögend sind, so nennt man dieß eine Auflösung (Solutio.)

§. 180. Hierbey nennt man gewöhnlich denjenigen von beyden Stoffen, welcher durch seine Flüssigkeit, oder durch seine Schärfe, oder durch seine Menge vorzüglich wirksam zu seyn, und den andern in seine vermeinten Zwischenräume aufzunehmen scheint, das Auflösungsmittel

(Solvens, Menstruum), den andern aber, der sich mehr leidend zu verhalten scheint, den aufzulösenden Körper. Dieser Unterschied ist aber in der Wirklichkeit nicht gegründet, sondern beyde Materien verhalten sich thätig. Um des Sprachgebrauchs willen kann man ihn indessen beybehalten.

§. 181. Bey jeder Auflösung wird nicht bloß der Zusammenhang der Theile des aufzulösenden Körpers aufgehoben, sondern dieser wird so mit dem Auflösungsmittel vereinigt, daß sie nun beyde zusammen eine Masse ausmachen, die sich völlig gleichartig ist, und in welcher man auch mit dem besten Vergrößerungsglase nicht mehr die ungleichartigen Theile, die sich aufgelöset haben, von einander unterscheiden kann. Es muß also nothwendig eine wechselseitige Anziehung zwischen den Theilen des Auflösungsmittels und des aufzulösenden Körpers Statt finden, welche stärker ist, als die zwischen ihren respectiven gleichartigen Theilen selbst; oder die Verwandtschaft der sich auflösenden Körper muß größer seyn, als der Zusammenhang ihrer gleichartigen Theile.

„Berthollet's Ansicht gemäß giebt es überhaupt keine Wahlverwandtschaft, sondern es tritt jede ungleichartige Materie mit der ihr (gemäß ihrer Cohärenz- rc. Kräfte) zukommenden Kraft der Anziehung, die im Verhältniß ihrer wirkenden Masse zunimmt, in die Verbindung, und das Product der eben gedachten Anziehung mit der Masse, nennt B. die chemische Masse und Fischer das chemische Moment; a. a. O. Kr."

§. 182. Zur vollkommenen Auflösung specifisch verschiedener Materien durch einander gehört, daß darin kein Theil der einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theile der andern, von ihr specifisch unterschiedenen in derselben Proportion wie die ganzen vereinigt wäre. Nun ist offenbar, daß, so lange die Theile einer aufgelöseten Materie noch Klümpchen sind, nicht minder eine Auflösung derselben möglich ist, als die der größern, ja daß diese wirklich so lange fortgehen muß, wenn die auflösende Kraft bleibt, bis kein Theil mehr da ist, der nicht aus dem Auflösungs-

mittel und der aufzulösenden Materie in der Proportion, worin beyde zu einander im Ganzen stehen, zusammengesetzt wäre. Weil also in solchem Falle kein Theil von dem Volumen der Auflösung seyn kann, der nicht einen Theil des auflösenden Mittels enthielte, so muß dieß als ein Continuum das Volumen ganz erfüllen; eben so, weil kein Theil eben desselben Volums der Solution seyn kann, der nicht einen proportionirlichen Theil der aufgelöseten Materie enthielte, so muß auch diese als ein Continuum den ganzen Raum, den das Volumen der Mischung ausmacht, erfüllen. Wenn aber zwey Materien, und zwar jede derselben ganz, einen und denselben Raum erfüllen, so durchdringen sie einander; und also ist eine vollkommene chemische Auflösung eine Durchdringung der Materie, die allerdings eine vollendete Theilung ins Unendliche enthält. Ihre Unbegreiflichkeit ist auf Rechnung der Unbegreiflichkeit der unendlichen Theilbarkeit eines jeden Continuums zu schreiben.

§. 183. Nach den Principien der atomistischen Naturwissenschaft würde es gar keine wahre Auflösung geben, sondern diese wäre doch nur immer Nebeneinanderstellung der kleinsten ungleichartigen Theile. Nach derselben würden überhaupt nur gemengte, nicht gemischte Körper (§. 113.) in der Wirklichkeit Statt finden.

„Nach Dalton (New System of Chemical Philosophy, übersetzt von Wolf) sind nicht nur die als Einzelwesen angenommenen Ursachen des Lichtes und der Wärme unsperrbare Materien, d. h. solche, die stärker bewegt sind oder werden, als die chemische Anziehung auf sie einwirkt, und die sich daher durch andere Materien so hindurch bewegen (ohne daß diese Poren besitzen), als ob diese anderen Materien die Umgränzung ihres Raumes gar nicht erfüllten, sondern es ist auch eine Gasart für die andere, oder eine Gasart für das Wasser und andere tropfbare Flüssigkeiten, ja selbst manche tropfbare Flüssigkeit für eine andere Flüssigkeit der Art in diesem Sinne unsperrbar. Dasselbe nehmen mehrere Physiker auch von jenen elektrisirten Flüssigkeiten (z. B. Wasser ꝛc.) an, die durch organische Häute, durch Quecksilber und mehrere flüssige und starre Körper hindurch bewegt werden, und endlich gestatten einige dieser Physiker bey jeder chemischen Mischung eine ähnliche (durch chemischen Gegenzug überwältigungsfähige) Durchdringung; worüber man meine Einleitung 2. Abschn. vergleichen kann. Kr.“

§. 184. Das Volumen zweyer Körper, die sich aufgelöset haben, ist gewöhnlich kleiner, als die Summe ihrer Volumina vor der Auflösung. Seltener erfüllt das neuentstandene Gemisch ein größeres Volum, als seine Bestandtheile vor der Auflösung hatten. Beydes giebt einen Beweis von der Abänderung, welche die anziehenden Kräfte der Materie durch die wechselseitige Auflösung erlitten haben.

Beyspiel:

a) Vor der Auflösung erfüllen, bey 60° Fahrenh.:
100 Gr. Alkohol, vom eigenthüml. Gewichte = 0,825, ein Volumen = 100.
100 Gr. Wasser, vom eigenthüml. Gewichte = 1,000, ein Volumen = 82,5.

2) Nach der Auflösung erfüllen, bey gleicher Temperatur:
200 Gr. aus {100 Gr. Alkohol, 100 Gr. Wasser,} vom eigenthümlichen Gewichte = 0,95002, ein Volumen = 177,41.
Also Verminderung des Volums = 5,09.

Jo. Dav. Hahn diss. de efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus I. B. 1751. 4. De densitate mixtorum e metallis et semimetallis factorum, auct. *Christ. Ehreg. Gellert*, in den *comment. acad. petrop.* T. XIII. p. 382. übers. in Crell's neuem chem. Archiv. B. IV. S. 318. De densitate metallorum secum permixtorum, auct. *Ge. Wolfg. Kraft*. ebendaselbst T. XIV. p. 252., übers. ebendas. S. 327. Versuche und Beobachtungen über die specifische Schwere und die Anziehungskraft verschiedener Salzarten, — von Rich. Kirwan, a. d. Engl. von L. Crell. Berlin und Stettin 1785. kl. 8. Anmerkungen über die Gußprobe auf Zinn und Bley, von Axel Bergenstierna; in den neuen schwed. Abhandl. B. I. 1780. S. 156., übers. in Crell's neuesten Entdeckungen, Th. VIII. S. 162. Versuche über die Aenderungen der Dichtigkeiten bey Vermischung von Alkohol und Wasser, von Gilpin; in Gren's neuem Journ. der Physik. B. II. S. 365. ff. Versuche über die Aenderung des Volums und über die Zersprengung der Gefäße, die bey der Krystallisation Statt hat, von Herrn Vauquelin, ebendas. B. III. S. 81. ff.

„Der Grund der bestimmten Proportion, in welcher sich ungleichartige Materien mischen, liegt in dem Verhältniß des Gleichgewichts zwischen der Ausdehnungskraft jedes Bestandtheils und der Zusammenziehung der verschiedenen Bestandtheile; ist die Ausdehnung der einzelnen Bestandtheile größer als die Zusammenziehung beyder, so ist das Gemisch minder dicht als das Mittel aus beyden Dichtigkeiten: ist umgekehrt die Zusammenziehung größer, so ist das Gemisch dichter als das Mittel aus beiden Dichtigkeiten. Kr."

§. 185. Die durch Auflösung entstandene Substanz besitzt andere Eigenschaften, und zeigt eine andere Natur,

als die einzelnen Stoffe, woraus sie besteht, und ist nun als eine neue, specifisch davon verschiedene Materie anzusehen.

§. 186. Zwey feste Körper können sich einander nicht auflösen. Die Summe der Cohäsionskräfte ihrer gleichartigen Theile ist größer, als die Summe ihrer Verwandtschaften. Schon in der ältern Chemie hatte man daher den Grundsatz: corpora non agunt, nisi fluida. Es muß also erst immer, wenigstens bey Einem Körper, die Cohäsion seiner gleichartigen Theile in einem hohen Grade vermindert, d. h., er muß flüssig gemacht werden, ehe eine Auflösung vor sich gehen kann.

§. 187. Man unterscheidet hiernach **Auflösungen auf nassem Wege** (Solutiones humidae) und **Auflösungen auf trockenem** (Solutiones siccae). Bey jenen ist von den sich auflösenden Substanzen wenigstens Eine schon an und für sich im tropfbarflüssigen Zustande; bey diesen hingegen sind sie an und für sich fest, und sie müssen erst durch Schmelzung in den Zustand der Flüssigkeit versetzt werden, ehe sie sich auflösen können.

§. 188. Wenn ein flüssiges Auflösungsmittel von einem festen aufzulösenden Körper so viel in sich genommen hat, als es nur davon auflösen kann, so sagt man, es sey gesättigt (saturatum). Die Verwandtschaft des erstern gegen die Theile des letztern hat alsdann ihre Gränzen. Sehr oft ist diese Sättigung nach der verschiedenen Temperatur außerordentlich verschieden.

§. 189. Wir merken hier noch den Unterschied zwischen partieller und totaler Auflösung. Bey der ersten wird nicht die ganze Materie, sondern nur der eine oder andere Bestandtheil derselben vom flüssigen Auflösungsmittel in sich genommen, mit Zurücklassung der übrigen, gegen die das letztere keine Verwandtschaft hat. So kann also auch die Auflösung zur Scheidung dienen.

Ein Beyspiel giebt die Scheidung des Goldes vom Silber durch die Quart.

§. 190. Wenn hierbey der abgeschiedene Stoff, er sey einfach oder zusammengesetzt, bey der Temperatur, wo bey wir leben, die Aggregation der ausdehnsamen Flüssigkeit annimmt, oder luftförmig wird, so geht dann die Auflösung mit Geräusch und Aufschäumen vor sich, das man das Aufbrausen (Effervescentia) nennt.

§. 191. Wenn der abgeschiedene Körper aus der Auflösung als ein fester Körper zum Vorschein kommt, so nennt man es Niederschlagung oder Fällung (Praecipitatio). Der auf diese Art abgeschiedene Stoff heißt ein Niederschlag (Praecipitatum), und der Körper, der wegen seiner nähern Verwandtschaft den Niederschlag bewirkt, das Fällungs- oder Niederschlagungsmittel (Praecipitans).

§. 192. Die Niederschlagungen geschehen bald durch einfache Wahlverwandtschaft, entweder so, daß das Auflösungsmittel mit dem Fällungsmittel näher verwandt ist, als mit dem aufgelöseten Körper, und deßhalb mit jenem zusammentritt und diesen fahren läßt; oder so, daß der aufgelösete Körper gegen das Fällungsmittel mehr Verwandtschaft hat, als gegen voriges Auflösungsmittel, und damit ein im letztern unauflösliches Product bildet: bald durch eine doppelte Wahlverwandtschaft.

§. 193. Diesemnach sind die erhaltenen Niederschläge aus einer und derselbigen Auflösung verschieden; und man kann daher nach der Wahl des Fällungsmittels einen Körper aus einerley Auflösungsmittel unter sehr mannichfaltigen Gestalten niederschlagen.

§. 194. Die Niederschlagungen unterscheidet man übrigens auch, wie die Auflösungen (187), in Niederschlagungen auf nassem Wege, und Niederschlagungen auf trockenem Wege.

§. 195. Alle Niederschlagungen geschehen nach Bergmann durch Wahlverwandtschaften, nach Berthollet in Folge der vorwaltenden Cohäsionen, und es giebt im eigent-

lichen Sinne keine sogenannten freywilligen Niederschlagungen (Praecipitationes spontaneae, spuriae.) Das wären Wirkungen ohne Ursach.

*

Torb. Bergmann de attractionibus electivis; in seinen opusc. phys. - chemicis Vol. III. S. 291. Des Herrn Guyton Morveau's allgemeine theoretische und praktische Grundsätze der chemischen Affinität oder Wahlanziehung. Aus dem Franz. von Dav. Jos. Veit, herausgegeben von Sig. Fr. Hermbstädt. Berlin 1794. 8. Gren's systematisches Handb. der Chemie, Th. IV. S. 144 ff.

„Vergl. auch Berthollet a. a. O. Im 2ten und 4ten Abschnitt meiner Einleitung, habe ich es versucht, die gegen Bergmann's, Berthollet's und Dalton's Lehren von der chemischen Verwandtschaft bekannt gewordenen Haupteinwürfe einer beurtheilenden Vergleichung zu unterwerfen. Kr."

Drittes Hauptstück.

Phänomene der Schwere im Allgemeinen.

§. 196.

Jeder Körper, welcher unterstützt ist, drückt auf die Unterlage, welche ihn unterstützt, und fällt oder bewegt sich, wenn die Unterstützung weggenommen wird, in einer geraden Linie nach der Erde zu, ohne daß wir eine äußere Ursach dabey wahrnehmen, welche diese Bewegung hervorbrächte.

§. 197 Diese Richtung zeigt ein Faden an, woran ein Körper frey herabhängt. Eine Linie in dieser Richtung heißt eine lothrechte, senkrechte oder verticale Linie (Linea verticalis). Eine Ebene, worauf sie senkrecht ist, heißt eine wasserrechte oder Horizontal-Ebene (Planum horizontale), und eine gerade Linie, in dieser Ebene gezogen, eine wasserrechte oder Horizontal-Linie (Linea horizontalis.)

„Die

1) Die Richtungen schwerer, nicht weit von einander (etwa 30 bis 50 Fuß) fallender Körper (und mithin auch die Richtungen der Fäden, an welche schwere Körper befestigt neben einander hängen) werden für parallel genommen, wiewohl sie, streng genommen, zusammenlaufend (convergirend) sind. Man läßt jene Annahme gelten, weil, wenn man die Ferne von z. B. 50 Fuß mit jener des Erdmittelpunkts = 860 Meilen vergleicht, sie zu einer unbedeutenden Größe herabsinkt. Kr."

§. 198. Dieses Bestreben der Körper, in senkrechter Linie gegen den Horizont sich von selbst zu bewegen, wenn sie nicht unterstützt sind, oder nach eben der Linie die Unterlage, worauf sie ruhen, zu drücken, heißt die Schwere (Gravitas).

§. 199. Da auf der Oberfläche einer Kugel keine andere Linie senkrecht steht, als diejenige, welche verlängert durch den Mittelpunkt der Kugel geht, so müßte auch, wenn die Erde eine kugelrunde Gestalt hätte, die Directionslinie der fallenden Körper verlängert gegen den Mittelpunkt der Erde gehen. Da aber die Erde eigentlich keine Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch ihr Centrum; in der Praxis aber können wir ohne merklichen Fehler hier die Erde als eine vollkommene Kugel, und, wegen der großen Entfernung des Centrums derselben von der Oberfläche, die Directionslinien der Schwere benachbarter Körper auch als parallel ansehen.

„Auf großen ruhigen Gewässern, auf den Meeren ꝛc., ist die Richtung der Schwere überall senkrecht, und da die Meeres-Oberfläche, als wahre Oberfläche der Erdkugel, kuglig ist, so geht die Richtung der Schwere von der Meeresoberfläche ab, überall nach dem Mittelpunkte der Erde. Kr."

§. 200. Die Schwere ist eine stetig wirkende Kraft: denn wir nehmen ihre Wirkung, Druck und Fall der Körper, in jedem Augenblicke der Beobachtung und ununterbrochen wahr.

§. 201. Die Schwere ist eine Eigenschaft aller irdischen Körper, und durch sie wird erst die Verbindung derselben unter einander zu unserm Erdballe möglich. Durch

sie sind aber auch große Weltkörper selbst zu einem Systeme verbunden.

„Hieher gehört die Beobachtung, daß Berge das Bleyloth von der Fallrichtung ablenken, indem sie dasselbe nach sich ziehen; ferner, daß größere Bleykugeln kleinere, an Windeswaagen leicht beweglich aufgehängte Kugeln aus meßbarer Ferne anziehen und dadurch schwingen machen; vergl. Gilberts Ann. B. II. S. 1, Kr."

§ 202. Die Erfahrung lehrt, daß die Schwere an einem und demselben Orte in einem Körper immer dieselbe, und eben so, daß ihre Richtung an einem und demselben Orte unveränderlich ist.

§. 203. Die Wirkungen der Schwere erfolgen so, wie sie durch die Wirkungen einer anziehenden Kraft des Erdkörpers gegen die einzelnen irdischen Körper erfolgen würden. Auch lehren die Beobachtungen der Astronomie, daß die Wirkung der allgemeinen Gravitation sich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung der Mittelpunkte der gegen einander gravitirenden Weltkörper

§. 204. In so fern die bisher betrachteten Wirkungen der Cohäsion und der Wahlverwandtschaften von der anziehenden Kraft abhängen, die ursprünglich die Materie constituiren hilft, scheint es doch, daß wir die Schwerkraft, da sie nach ganz andern Gesetzen wirkt, nicht für identisch mit dieser ursprünglichen Grundkraft der Materie halten können. Die in der Entfernung wirkende Kraft der Schwere ist keine nothwendige, mit dem Begriff der Materie unzertrennlich verknüpfte Eigenschaft; ja, die Erscheinungen einiger Materien berechtigen uns, sie für völlig schwerlos zu halten.

§. 205. In Ansehung der Ursach dieser Kraft haben sich die Weltweisen von je her sehr viel gestritten, und haben gar nichts gewonnen. Alle diejenigen, welche die Schwere von den Wirkungen einer subtilen Materie ableiten, wie Cartes, Huygens, Bülfinger, Kra[illegible], le Sage, können bey allen mechanischen Erklärungen von der Art und Weise der Bewegung dieser Materien, [illegible]

nicht befriedigen; und immer bleibt, außer andern Schwierigkeiten, dabey noch die Frage übrig: woher hat diese schwermachende Materie ihre Kraft? Wir müssen eingestehen, daß wir von der Schwere an sich, als Ursach des Phänomens der Gravitation, gar nichts wissen. Wir sehen hier nur das Phänomen, und die Ursach davon liegt außer unserer Erfahrung.

Cartesii princip philos. L. IV. prop. 19. 20. ff. *Christ. Hugenii* diss. de caussa gravitatis; in seinen *operibus reliqu.* T. I. S. 93 ff. De caussa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis, auct. *Geo. Bernh. Bülfinger*, Paris 1728. 4. Kratzensteins Vorlesungen über die Experimentalphysik, S. 60. Lucrèce newtonien, par Mr. *le Sage*; in den Mém. de l'acad. roy. des sc. de Berlin, année 1782. S. 404 ff.

§. 206. Die Erfahrung lehrt uns, daß verschiedene ungleichartige Körper von einerley Umfang nicht gleich stark nach der Richtung der Schwere drücken. Die Größe dieses Drucks, den ein Körper äußert, heißt sein **Gewicht** (Pondus). Gewicht und Schwere müssen nicht mit einander verwechselt werden. Schwere ist die beschleunigende Kraft (§. 80.), in so fern sie auf jeden Theil der schweren Masse wirkt; **Gewicht** aber ist die bewegende Kraft dieser schweren Masse, oder das Product aus der beschleunigenden Kraft der Schwere durch die Quantität der davon afficirten Materie, oder durch die schwere Masse (§ 80.). Hieraus folgt denn, daß die beschleunigende Kraft der Schwere einer Masse gleich sey dem Gewichte derselben, dividirt durch die schwere Masse.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der Schwere f, und zwey Massen, die von ihr afficirt werden, M und m, die Gewichte dieser Massen aber P und p nennen: so ist $P = f \cdot M$; $p = f \cdot m$ also $f = \frac{P}{M} = \frac{p}{m}$; und $P : p = fM : fm$.

In so fern die Schwere eine stetige Kraft ist, und eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt, und in so fern alle Theile einer Masse von der Schwere afficirt werden, lassen sich auch für die Beschleunigung schwerer Massen folgende Sätze annehmen:

1) Das Product aus dem Gewichte (P, p) durch die Zeit (T, t) ist gleich dem Producte der Masse (M, m) aus der Geschwindigkeit (C, c), oder $PT = MC$, und $PT : pt = MC : mc$.

2) Die Gewichte, mit den Quadraten der Zeiten multiplicirt, sind gleich den Massen, mit den durchlaufenen Räumen (S, s) multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$.

3) Die Gewichte, mit den Räumen multiplicirt, sind gleich den Massen, mit den Quadraten der Geschwindigkeiten multiplicirt, $PS = MC^2$, und $PS : ps = MC^2 : mc^2$.

„Man sehe die Anm zu §. 80. Kr."

§. 207. Da die Schwere allen gleichartigen Theilen eines schweren Körpers eingepflanzt ist, so kann die beschleunigende Kraft an und für sich weder vermehrt noch vermindert werden, die Theile mögen vereinigt oder von einander getrennt seyn; das Gewicht hingegen ändert sich nach dem Unterschiede der Quantität der schweren Materie, woraus der Körper besteht.

Wenn wir die Quantität aller von der beschleunigenden Kraft der Schwere (f) afficirten Theile M nennen, und annehmen, daß ein Antheil m von dieser Masse weggezogen wird: so wird das übrige Gewicht $p = f.(M - m)$ kleiner seyn, als vorher P oder $f.M$ war; die beschleunigende Kraft aber wird immer dieselbige bleiben, denn

$$\frac{f.(M-m)}{M-m} = \frac{f.M}{M}$$

§. 208. Wenn alle Materie schwer wäre, so wären wir berechtigt, anzunehmen, daß die Körper, welche mehr Gewicht haben, auch mehr Materie enthielten, oder dichter wären (§. 53.), und umgekehrt; und Masse (§. 49.) und Gewicht wären daher gleichbedeutend. Wenn es aber nicht schwere Materien giebt, so können dichtere Körper nur in so fern Körper schwererer Art, schwerartigere Körper (Corpora specifice graviora), und lockere, Körper leichterer Art, leichtartigere Körper (Corpora specifice leviora) genannt werden, in wie fern jene bey einerley Volum mehr, diese aber weniger schwere Materie enthalten. Das Gewicht zeigt also nicht die Quantität der Materie, sondern nur die Quantität der von der Schwere afficirten Materie an (§. 53.)

§. 209. Das Gewicht eines Körpers an sich, die Ponderosität desselben (wenn ich so sagen darf), läßt sich nicht bestimmen, sondern nur die Verhältnisse des Ge-

wichts der Körper; und man muß daher, um anzugeben, welcher Körper schwererer und welcher leichterer Art sey, das Gewicht eines andern Körpers zur Einheit machen. Im bürgerlichen Leben nennt man die zur Einheit angenommene Größe des Drucks eines Körpers selbst Gewichte, z. B. ein Centner, ein Pfund, ein Loth, u. dergl. Der Druck eines schweren Körpers gegen das, was ihn unterstützt, überhaupt betrachtet, ohne Rücksicht auf das Volum des Körpers, heißt sein absolutes Gewicht (Pondus absolutum.)

„Vor Galilei war man fast durchgängig der Meinung, daß die Geschwindigkeit fallender Körper ihren Gewichten proportional sey, und daß mithin z. B. ein Körper, der vier Loth wiege, sechszehn Mal geschwinder fallen müsse, als ein Körper, der nur ein Quentchen wöge; ohnerachtet nun hiegegen die alltägliche Beobachtung hätte zeugen können, so bedurfte es dennoch der auf Versuche und Theorie sich gründenden Einwürfe des sich damals noch als Student in Pisa aufhaltenden Galilei, um das Irrige jener Annahme darzuthun. Kr."

§. 210. Wenn man zwey Körper in Ansehung ihres absoluten Gewichts gegen einander vergleicht, und ein gewisses bestimmtes Volum zum Grunde der Vergleichung setzt, oder ihre Volumina bey gleichem absoluten Gewichte mit einander vergleicht: so erhält man den Begriff von dem eigenthümlichen Gewichte (Pondus specificum), oder der eigenthümlichen Schwere (Gravitas specifica). Das eigenthümliche Gewicht eines Körpers bezeichnet also das Verhältniß der Quantität der schweren Materie eines Körpers zu einem andern, die in gleich großen Inbegriffen enthalten sind.

§. 211. Es fließen hieraus die Regeln:

1) Körper von einerley Volum verhalten sich in ihrem eigenthümlichen Gewichte, wie ihre absoluten Gewichte.

Nennen wir die Volumina zweyer Körper V, v, ihre absoluten Gewichte P, p, und das specifische Gewicht Z, z, und nehmen wir V=v, so ist Z:z=P:p.

2) Körper von einerley absolutem Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte umgekehrt wie ihre Volumina.

Wenn P=p, so ist Z:z=v:V.

3) Körper von ungleichem Volum und ungleichem absoluten Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte wie die Quotienten des absoluten Gewichts durch die Volumina.

Es ist überhaupt $Z : z = Pv : pV = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$

Freyer Fall schwerer Körper.

§. 212. Da die Schwere ununterbrochen und stetig auf die Körper wirkt, so viel wir aus Erfahrung wahrnehmen können (§. 200.), so kann auch die Bewegung, welche ein Körper durch die Schwere bey dem Falle erlangt, keine gleichförmige Bewegung seyn (§. 72.), sondern der fallende Körper muß zu der erhaltenen Geschwindigkeit in jedem unendlich kleinen Zeittheile einen Zusatz erhalten, und folglich mit einer in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beschleunigten Bewegung (§. 72.) fallen.

§. 213. Es lassen sich also die oben (§. 74—97.) angeführten Sätze von der gleichförmig beschleunigten Bewegung der Körper auf den Fall der schweren Körper anwenden. Es folgt aus dieser Anwendung: 1) daß die Räume, welche ein schwerer Körper bey seinem freyen Falle in gleichen auf einander folgenden Zeit-Elementen zurücklegt, sich verhalten, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, u. s. f. (§. 78.); 2) daß sich die Räume, welche ein schwerer Körper, vom Anfange seiner Bewegung an, durch den freyen Fall zurücklegt, wie die Quadrate der Zeiten, oder der am Ende des Falls erlangten Geschwindigkeiten (§. 79.), und 3) daß die Geschwindigkeiten am Ende des Falles sich wie die Quadratwurzeln der Räume verhalten.

Denn wenn S und s die zurückgelegten Räume, T und t die darauf verwendeten Zeiten, C und c die erlangten Geschwindigkeiten sind, so hat man: $S : s = TT : tt$ (nach 2.), und $T : t = C : c$ (nach 5.); also auch $C^2 : c^2 = S : s$, und folglich $C : c = \sqrt{S} : \sqrt{s}$. Galilei hat diese

Gesetze des freyen Falles schwerer Körper zuerst entdeckt, die Theorie hiervon entworfen, und durch Versuche mit dem Falle auf der schiefen Ebene zu bestätigen gesucht. M. s. dessen *Dialogus de motu locali.* L. B. 1699. 4.

Riccioli suchte die Wahrheit der galileischen Sätze mit seinem Gehülfen Grimaldi durch unmittelbare Versuche zu bestätigen. (M. s. *Riccioli* almagestum novum L. II. Cap. 21. Pr. 24.) Er ließ Kugeln aus Kreide, die 8 Unzen wogen, durch genau gemessene Höhen bey einem genauen Zeitmaaße durch ein Pendul fallen, und er fand

in 0 Sec.	50 Tertien	10 Fuß (röm).	Fallhöhe.
1	40	40	
2	50	90	
3	20	160	
4	10	240	

Ferner

in 1 Sec.	.	15
2	.	60
3	.	135
4	.	240

Aber diese Resultate treffen ohngeachtet des Widerstandes der Luft, auf welchen doch in der Theorie selbst keine Rücksicht genommen worden ist, so genau mit dieser selbst zusammen, daß schon deßhalb mit Recht Mißtrauen in die Zuverlässigkeit der Beobachtung gesetzt werden kann.

Die vollkommenste Ueberzeugung gewähren die, mittelbarer Weise durchs Pendul angestellten Versuche, die in der Folge vorkommen werden.

„(Ein sehr bequemes Mittel, diese Gesetze anschaulich zu machen, gewährt die Atwoodische Maschine. M. s. Gilbert's Annalen 1803. St. 5. S. 1 ff.) F."

§. 214. Da die Directionslinie der fallenden Körper auf die Erdkugel senkrecht steht (§. 199.), so kann auch der Raum, den ein Körper bey dem Fallen durchläuft, durch die Perpendicularlinie gemessen werden, welche durch den Mittelpunkt der Erdkugel geht. Diese Perpendicularlinie nennt man auch die Höhe der fallenden Körper. Sie ist daher der Raum, welchen ein fallender Körper durchläuft. Da sich bey dem Fallen der Körper die Räume verhalten, wie die Quadrate der Zeiten oder der Geschwindigkeiten (§. 213.), so werden sich auch die Höhen so verhalten müssen. Wenn daher ein Körper in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe gefallen ist, so wird er in zwey Secunden viermal, in drey Secunden neunmal so tief gefallen seyn.

§. 215. Die Erfahrung lehrt, daß ein schwerer Körper bey seinem Falle in unsern Gegenden in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 paris. Fuß oder 2173,63 paris. Linien, oder 15,625 rheinländische Fuß = 15625 Tausendtheilchen eines rheinländischen Fußes durchläuft.

Diese Fallhöhe in der zur Zeiteinheit genommnen Zeitsecunde hat Huygens mittelbarer Weise durchs Pendul bestimmt. (Horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol. P. IV. pr. 26.)

Die Quadratwurzel von 15625 ist 125.

„Astronomischen Untersuchungen gemäß zeigt der Fallraum in der ersten Zeitsecunde in Paris. Fuß ausgedrückt, auf nachstehenden Weltkörpern unseres Sonnensystems, unter einer geogr. Br. von 55° 18′ 52″ folgende Unterschiede:

	Fallraum in 1 Sek. in Paris. Fuß.
Merkur . .	15,601
Venus . .	15,463
Erde . .	15,115
Sonne . .	412,025
Mond . .	2,060
Mars . .	7,377
Jupiter . .	43,967
Saturn . .	14,406
Uranus . .	15,952

K.“

§. 216. An einerley Ort sind die beschleunigenden Kräfte bey dem freyen Falle der schweren Körper einerley, ihre schwere Masse mag seyn wie sie will. Die Masse der fallenden Körper kann hier gar nichts zu ihrer Geschwindigkeit bey dem freyen Falle beytragen, wie es wol sonst scheinen möchte. Nur bey dem Falle in einem widerstandleistenden Mittel, z. B. in Luft, Wasser, u. dergl., wird freylich der Körper, der bey gleicher Geschwindigkeit weniger Masse, und also weniger Gewalt hat, einerley Widerstand mit der geringen Kraft nicht überwinden, den ein anderer mit größerer Kraft überwindet. Ein Jeder wird hingegen zugeben, daß in einem freyen Mittel mehrere gleichartige Theile eines Körper mit gleicher Geschwindigkeit fallen. Warum sollten sie es aber nicht thun, wenn sie einzeln, und nicht zusammen verbunden wären? Alle Körper, große und kleine,

leichte und schwere, fallen also, ohne Einfluß ihrer M[...] im freyen Mittel, gleich geschwind.

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 206.) Angeführten; und [...] $f = F$, weil $\frac{P}{M} = \frac{p}{m}$ oder $\frac{f.M}{M} = \frac{f.m}{m}$.

Aber nur für einerley Ort findet dieser Satz Statt, weil f ode[...] beschleunigende Kraft selbst nach dem Aequator zu ab, und nach [...] Polen hin zunimmt, wie hernach bemerkt werden wird.

§. 217. Da sich die Lehre von der gleichförmig[...] schleunigten Bewegung auf den freyen Fall der Körper [...] wenden läßt, so folgt auch, daß ein schwerer Körper, [...] durch den Fall einen gewissen Raum von seiner Ruhe [...] durchläuft, nach Verlauf eines Zeittheils eine Endgeschw[...] digkeit erlangt, mit der er, wenn die Schwere nicht w[...] auf ihn wirkte, in der eben so großen Zeit den doppel[...] großen Raum gleichförmig zurücklegen würde.

§. 218. Da sich die Endgeschwindigkeiten schw[...] fallender Körper verhalten, wie die Quadratwurzeln [...] Räume (§. 213. 3.) oder der Höhen: so werden die R[...] me, welche die fallenden Körper vermittelst der Endgeschw[...] digkeiten in der Zeiteinheit für sich selbst ohne Schwere zur[...] legen würden, die man auch die zur Fallhöhe gehöri[...] Geschwindigkeiten nennt, sich wie das Duplum der Q[...] dratwurzeln der Fallhöhen verhalten.

Wenn ein Körper in einer Zeitsecunde 15,625 F. durchläuft, so [...] er am Ende dieser Zeit eine Geschwindigkeit haben, daß er in ebe[...] ler Zeiteinheit einen Raum von 2 . 15,625 = 31,250 Fuß für sich [...] ohne Schwere zurücklegen würde, oder die zu seiner Fallhöhe geh[...] Geschwindigkeit wird 31,250 Fuß seyn. Wenn nun ein anderer [...] per 3 Secunden lang fällt, so wird (nach §. 213. 1.) seine Fal[...] 9 . 15,625 = 140,625 Fuß seyn; am Ende dieser dritten Secunde [...] die zu seiner Fallhöhe für die Zeiteinheit gehörige Geschwindi[...]

$= \frac{2 . 140,625}{3} = 93,750$ Fuß seyn, oder er würde in der Zeitein[...] in einer Secunde, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, [...] Raum von 93,750 Fuß, und in 3 Secunden den Raum von 3 . 9[...] $= 2 . 140,625 = 281,25$ Fuß gleichförmig zurücklegen. Es verhäl[...] aber $31,250 : 93,750 = 2 \sqrt{15625} : 2 \sqrt{140625} = 2 . 125 : 2 . 3[...]$ $25 : 75 = 1 : 3, = 1 . 31,250 : 3 . 31,250 = 31,250 : 93750$, also wi[...] Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen.

§. 219. Man findet also die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum des Raumes, den der Körper in der ersten Zeiteinheit zurückgelegt hat, mit der Anzahl der verflossenen Zeiteinheiten multiplicirt.

Wenn ein Körper in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, 15,625 Fuß fällt, so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit 31,250 Fuß; und wenn er drey Zeiteinheiten, oder drey Secunden fällt, so ist diese 93,75 = 3 . 31,250 Fuß.

§. 220. Hieraus fließt ferner die kurze Regel zur Bestimmung der zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten, d. h., der Räume, welche die Körper nach dem Falle aus einer gewissen Höhe in der Zeiteinheit gleichförmig zurücklegen würden, wenn die Schwere nicht weiter auf sie wirkte: Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeiteinheit beschriebenen Raume, und aus dem Producte ziehe man die Quadratwurzel; diese doppelt genommen, ist die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit.

Wenn wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V und die Höhe S nennen, und eine Secunde zur Zeiteinheit nehmen, so ist

$$V = 2\sqrt{(15,625 . S)} = 250 . \sqrt{S}.$$

Wenn ein Körper 1000 rheinländische Fuß hoch herabfiele, so würde die dazu gehörige Geschwindigkeit am Ende des Falles in der Zeiteinheit, oder Einer Secunde, seyn $= 2\sqrt{(15,625 . 1000)} = 2 . 125 = 250$ Fuß.

Wenn also ein Körper eine Secunde lang, oder 15,625 Fuß hoch, und ein anderer 1000 Fuß hoch herabfällt, so verhalten sich die zu diesen Fallhöhen gehörigen Geschwindigkeiten, $V : v = 2\sqrt{(15,625 . 15,625)} : 2\sqrt{(15,625 . 1000)} = 2 . 15,625 : 2 . \sqrt{15,625} = 2 . 15,625 : 2 . 125 = 31,250 : 250 = 1 : 8$; oder es ist $V : v = 250 . \sqrt{15,625} : 250 . \sqrt{1000} = 250 . 125 : 250 . 1000 = 1 : 8$.

§. 221. Da die Größe der Bewegung eines durch eine stetige Kraft getriebenen Körpers wächst, so wie die Geschwindigkeit zunimmt, und die Gewalt oder die Größe des Widerstandes aus Masse und Geschwindigkeit zusammen ermessen werden muß: so ist leicht einzusehen, daß die Gewalt fallender Körper während des Falles beständig zunehmen, und sich überhaupt bey gleichen Massen wie die Endgeschwindigkeiten oder die Quadratwurzeln der Höhen, verhalten muß. Ein Körper, der viermal so hoch herabfällt, wird

also noch einmal so viel Gewalt haben, als ein anderer von eben dem Gewichte, und, wenn er neunmal so hoch herabfällt, dreymal so viel Gewalt.

Gesetzt, ein Körper fällt 15,625 Fuß hoch herab, und ein anderer von eben dem Gewichte fällt 62,5 Fuß, so verhalten sich ihre Höhen wie 1:4, und ihre Endgeschwindigkeiten wie $\sqrt{15,625} : \sqrt{62,5} = \sqrt{15625} : \sqrt{62500} = 125 : 250 = 1 : 2$, folglich wie die $\sqrt{1} : \sqrt{4}$, oder wie die Quadratwurzeln der Höhen. Da sich nun die Gewalt verhält wie die Endgeschwindigkeit, so wird sie sich auch wie die Quadratwurzel verhalten müssen, wenn die Gewichte oder die schweren Massen gleich sind.

§. 222. Wenn zwey Körper von verschiedenen Höhen fallen, deren Endgeschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten, wie die schweren Massen, so haben sie gleiche Gewalt.

Ein Gewicht von 3 Pf., das aus einer Höhe von 15,625 Fuß fällt, hat nicht mehr Gewalt, als ein Gewicht von 1 Pf., das aus der Höhe von 140,625 Fuß fällt. Denn es sind hier Geschwindigkeit und Massen einander umgekehrt proportional, oder die Producte daraus sind gleich. Es ist nehmlich die Endgeschwindigkeit von 3 Pf. $= \sqrt{15625} = 125$, und die von 1 Pf. $= \sqrt{140625} = 375$. Sie verhalten sich also wie $125 : 375 = 1 : 3$. Da nun die Größen der Bewegung gleich sind, wenn die Producte aus den Geschwindigkeiten in die Massen gleich sind, so ist auch hier gleiche Größe der Bewegung, weil $3 . 1 = 1 . 3$.

§. 223. Aus den allgemeinen Gesetzen der Beschleunigung schwerer fallender Körper (§. 213.) und dem Erfahrungssatze im 215. §. läßt sich leicht finden: 1) wie groß ein Raum ist, den ein Körper in einer jeden gegebenen Secunde seines Falles durchfällt; 2) wie groß die Höhe ist, von der er herabgefallen, wenn die Zeit seines Falles ist bestimmt worden; und endlich 3) wie viel Zeit er gebraucht hat, wenn die Höhe gegeben ist.

Wenn wir die Zeit des Falles T, die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V, und die Fallhöhe S nennen, so dienen folgende Formeln bequem zur Auflösung der Aufgabe, wobey der Werth der Fallhöhe in die Tausendtheilchen des rheinl. Fußes, die Zeit in Secunden genommen oder gefunden wird:

1) $T = \frac{\sqrt{S}}{125} = \sqrt{\frac{S}{15625}}$.

2) $V = 250 . \sqrt{S} = (15625 . S) = 2 . (125)^2 . T$ (§. 218. 220).

3) $S = 125^2 . T^2 = \frac{V^2}{250^2}$.

Wenn durch die Erde hindurch ein Loch ginge, das gerade durch den Mittelpunkt der Erde träfe, und die beschleunigende Kraft der Schwere bliebe gleichförmig, und es wäre kein Widerstand der Luft u. dergl. da: so würde ein schwerer Körper, der durch dieses Loch durchfiele, wenn wir den Halbmesser der Erde 19615800 paris. Fuß annehmen, in $\sqrt{\frac{19615800}{15,094662}}$ oder nahe 1140 Secunden oder 19 Minuten den Mittelpunkt der Erde erreichen. Aber er würde, nach §. 226, hier nicht stehen bleiben, sondern durch die in dieser Fallhöhe erlangte Geschwindigkeit auf der andern Seite eben so hoch in die Höhe steigen, und von da wieder bis ganz herauf zurückgehen, und dieß beständig so fort.

„Der Fallraum des Mondes ist 3600 Mal kleiner als der mittlere Fallraum (von 15,11 paris. Fuß) eines frei fallenden Körpers an der Erdoberfläche in der ersten Zeitsecunde seyn würde, wenn die Erde sich nicht bewegte, denn der Mond durchläuft — in seiner mittleren Ferne von der Erde — innerhalb einer Secunde, einen Bogen von 33 Tertien, und nähert sich mithin dem Anziehungsmittelpunkte binnen dieser Zeit um fast $\frac{1}{240}$ paris. Fuß. Erwägt man nun, daß die mittlere Entfernung des Mondes vom Erdmittelpunkt 60 Mal so groß ist, als der mittlere Halbmesser der Erde, so folgt, daß die Zuggewalt, welche von der Erde bey 60 facher Entfernung des Mondes von derselben gegen den Mond geübt wird, 60 mal 60 kleiner ist, als die Anziehung, welche die Erde auf einen in der Nähe ihrer Oberfläche befindlichen oder bestimmter auf einen um 15,11 paris. Fuß von ihr entfernten Körper äußert. Kr."

„Die Wirkungsgröße der Anziehung zwischen Erde und Mond nimmt obigem gemäß ab, wie die zweyten Potenzen der Entfernungen zunehmen, und es stehen mithin die Fallräume des Mondes und eines Körpers auf der Erde im umgekehrten Verhältnisse der zweyten Potenzen der Entfernungen beyder schwerer Körper vom Anziehungsmittelpunkte der Erde. Kr."

§. 224. Je länger der Fall eines Körpers dauert, desto mehr nähert sich seine Bewegung der Gleichförmigkeit.

§. 225. Wenn ein Körper durch irgend eine Kraft in lothrechter Richtung in die Höhe getrieben wird, so wirkt die Schwere seiner Bewegung entgegen. Zwey einander entgegengesetzte Kräfte aber vernichten sich; und wenn daher die Kraft, welche den Körper in die Höhe treibt, so groß ist, als die bewegende Kraft der Schwere, so kann gar keine Bewegung erfolgen. Wird er aber durch eine größere Kraft mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Höhe getrieben, so nimmt, weil die Schwere als eine stetige

Kraft fortdauernd wirkt, seine Geschwindigkeit eben so rückwärts ab, wie sie von der zu der Geschwindigkeit des Wurfs gehörigen Höhe würde zugenommmen haben. Der Körper steigt also mit einer gleichförmig verminderten Bewegung (§. 72.) in die Höhe; und seine Geschwindigkeit, oder die Räume, welche er in gleichen Zeiten zurücklegt, verhalten sich, wenn z. B. ein Körper 9 Secunden lang steigt, wie die ungeraden Zahlen 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1.

§. 228. Ein Körper also, der durch eine Kraft lothrecht in die Höhe getrieben wird, steigt wegen der Schwere nur zu derjenigen Höhe hinauf, aus welcher er bey dem Herabfallen die Geschwindigkeic erlangen könnte, mit welcher er anfangs geworfen wurde.

§. 227. Bey der gleichförmig verminderten Bewegung gelten dieselben Gesetze, wie bey der gleichförmig beschleunigten. Wenn daher der Raum bekannt ist, den ein Körper in der ersten Secunde seines senkrechten Aufsteigens der Schwere entgegen zurücklegt, so läßt sich bestimmen: 1) die Geschwindigkeit, mit der er geworfen wird: 2) die Zeit, die er braucht, um seine ganze Wurfsgeschwindigkeit zu verlieren; und 3) die Höhe, zu der er aufsteigt, ehe er seine ganze Geschwindigkeit verliert.

Gesetzt, ein Körper steigt in der ersten Zeitsecunde seines lothrechten Wurfs 9 . 15,625 Fuß = 140,625 Fuß hoch auf, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und 5² . 15,625 = 390,625 Fuß hoch steigen. Denn

in der 1sten Secunde steigt er	9mal 15,625 F.	=	140,625 F.
2ten . . .	7 . 15,625 .	=	109,375 .
3ten . . .	5 . 15,625 .	=	78,125 .
4ten . . .	3 . 15,625 .	=	46,875 .
5ten . . .	1 . 15,625 .	=	15,625 .
folgl. in 5 Secunden	25mal 15,625 F.	=	390,625 F.

„Wenn ein Stein von der Mondesoberfläche z. B. aus einem Mondvulkan mit einer Geschwindigkeit gleich 7883 paris. Fuß in einer Secunde fortgeschleudert würde, und zwar geradlinig in einer Richtung, welche mit der geraden Linie nach dem Erdmittelpunkte einen Winkel von höchstens 20⅓ ° (oder weniger) macht, so würde der Stein die Erde erreichen, und hätte derselbe eine ursprüngliche Steiggeschwindigkeit von 7967 paris. Fuß in einer Secunde, so wür-

de derselbe, falls Erde und Mond ruheten, auf der Erde nach Verlauf von 2 Secunden 59 Minuten und 26 Secunden angelangen, vorausgesetzt, daß der Widerstand der Luft als beseitigt angenommen worden wäre. — Die durch einen dergleichen zur Erde geworfenen Stein gepreßte Luft, würde diesen zum Erglühen bringen. Kr."

Fall auf der schiefen Ebene.

§. 228. Auf einer festen waagerechten Ebene liegt ein schwerer Körper völlig ruhig, wenn diese Ebene die Directionslinie des Falles seiner Masse lothrecht unterstützt. Eine Ebene aber, welche mit einer Horizontal-Ebene einen schiefen Winkel macht, und eine schiefe, geneigte oder inclinirte Ebene (Planum inclinatum) genannt wird, hält nur einen Theil dieses Druckes auf; ein anderer Theil treibt den Körper längs der Ebene herab

Eine Kugel rollt auf einem schiefen Brete herab; ein Würfel glitscht darauf herab. Nöthige Erinnerung wegen der Friction.

Es sey (Fig. 29.) CB eine geneigte Ebene im Durchschnitte, die unter dem Winkel CBA gegen den Horizont AB geneigt ist. CA ist ihre Höhe, und CB ihre Länge. Auf dieser geneigten Ebene befinde sich eine schwere Kugel M, in deren Mittelpunkte f wir uns ihre Schwere vereinigt denken können. Die Directionslinie des Falles ist nun fc; und weil diese nicht von der Ebene CB unterstützt wird, so muß die Kugel herabfallen, aber nicht mit der ganzen bewegenden Kraft, sondern nur mit einem Theile derselben, wie aus der Zerlegung der Kräfte (§. 91.) folgt. Die Kraft der Schwere, die in der Direction fc wirkt, läßt sich zerlegen in die Kräfte fg und fb; und fc ist die Diagonale des Parallelogramms, das auf die Seitenkräfte fb und fg aufgesetzt ist. fg steht senkrecht auf CB, und kann also, weil CB vollkommen widerstehend angenommen wird, keine Bewegung der Kugel M hervorbringen; es bleibt folglich nur der Theil fb übrig, der, weil er parallel mit der Ebene CB läuft, von der Ebene keinen Widerstand erleidet, und folglich die Kugel längs der Ebene herabzugehen nöthigt.

§. 229. Je größer die Neigung der schiefen Ebene gegen die Horizontal-Ebene wird, um desto mehr wird der Körper von ihr unterstützt, mit desto geringerer Gewalt fällt folglich der Körper auf ihr herab. Je kleiner aber ihre Neigung gegen den Horizont wird, mit desto größerer Gewalt wird der Körper von ihr herabgetrieben.

Je kleiner der Neigungswinkel CBA (Fig. 29.) wird, um desto mehr nähert sich fc der senkrechten Richtung auf CB, oder um desto mehr

kommt fg der Richtung fe näher, desto kleiner wird folglich fb, oder die Kraft, mit der der Körper auf der Ebene herabfällt.

Je größer CBA wird, desto größer wird fb.

§. 230. Die Kraft fb (Fig. 29.), welche den schweren Körper M längs der geneigten Ebene CB herabzugehen nöthigt, heißt das relative oder respective Gewicht des Körpers. Denn das absolute Gewicht (§. 209.) desselben wird nur durch den lothrechten Druck fc bestimmt.

§. 231. Die Kraft, welche erforderlich ist, um die Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Fläche aufzuhalten, braucht natürlicher Weise nicht so groß zu seyn, als sein absolutes Gewicht. Sie ist um desto kleiner, je mehr die Ebene geneigt ist; um desto größer, je weniger diese geneigt ist.

Die Kraft, welche nöthig ist, um das Herabrollen von M (Fig. 29.) auf der schiefen Ebene CB zu verhüten, braucht nur der Kraft fb, die kleiner ist als fc, Widerstand zu leisten, weil fg an der Ebene CB Widerstand findet.

§. 232. Ueberhaupt verhält sich das relative Gewicht eines Körpers (§. 230.), das den Körper längs der schiefen Ebene herabtreibt, zu seinem absoluten Gewichte, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Versuche mit dem Plano inclinato.

Wenn wir das relative Gewicht eines Körpers p, das absolute P, die Länge der schiefen Ebene L und ihre Höhe A nennen, so ist $p : P = A : L$, folglich $p = P \times \frac{A}{L}$, und überhaupt für verschiedene Ebenen $P : \pi = \frac{A}{L} : \frac{a}{l}$.

Es ist nehmlich das Dreyeck fcb dem Dreyecke CBA ähnlich, weil der Winkel fcb dem Winkel CBA, und der Winkel cfb dem Winkel ACB gleich ist. Es verhält sich demnach $fb : fc = CA : CB$, oder das relative Gewicht fb zum absoluten Gewichte fc, wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB.

Weil ferner in jedem Dreyecke die Seiten den Sinus der Winkel proportional sind, so ist auch das relative Gewicht p gleich dem absoluten Gewichte P, mit dem Neigungssinus I multiplicirt, oder

$p = P \times \sin. I.$

§. 233. Ein schwerer Körper fällt auf der schiefen Ebene nach denselbigen Gesetzen, wie bey dem freyen Falle; seine Bewegung ist ebenfalls eine gleichförmig beschleunigte, und die längs der schiefen Ebene zurückgelegten Wege verhalten sich ebenfalls wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten. Die beschleunigende Kraft der Schwere ist aber dabey vermindert, und sie verhält sich zur unverminderten Kraft der Schwere wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der relativen Schwere ϕ und die der absoluten f nennen, so ist $\phi : f = A : L$, und überhaupt $\phi = \frac{f. A}{L}$.

Eben darin, daß die beschleunigende Kraft der Schwere auf der schiefen Ebene vermindert ist, ist der Grund zu suchen, daß das relative Gewicht kleiner ist, als das absolute. Denn wenn gleich die Summe der von der Schwere afficirten Theile oder M dieselbige bleibt, so muß doch das Product aus diesen Theilen durch die beschleunigende Kraft kleiner werden, wenn diese kleiner wird. Wenn nehmlich $\phi < f$, so muß $\phi . M < f . M$ oder $p < P$ seyn.

§. 234. Weil also die beschleunigende Kraft der Schwere bey dem Falle auf der schiefen Ebene vermindert wird, so wird auch der Raum, den ein Körper in der Zeiteinheit auf der schiefen Ebene zurücklegt, kleiner seyn, als die senkrechte Fallhöhe in dieser Zeiteinheit; und es wird sich der Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer gewissen Zeit zurücklegt, zu dem Raume des freyen Falles in eben dieser Zeit verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wegen der größeren Zeit, die also ein Körper braucht, um gleiche Räume auf der schiefen Ebene, als bey dem freyen Falle zurückzulegen, lassen sich auch die Zeiten des Falles auf der geneigten Ebene bequemer beobachten: und so bediente sich Galilei dieses Verfahrens, um die von ihm entdeckten Gesetze des Falles schwerer Körper zu bestätigen (§. 215.). S. dessen *Dialogi de motu locali*, III. S. 53.

Gesetzt, daß die Ebene CB eine Länge von 25 Fuß bey einer Höhe GA von $2\frac{1}{2}$ Fuß hätte, so würde die von der relativen Schwere herrührende beschleunigende Kraft zur absoluten sich verhalten wie $2\frac{1}{2} : 25 = 1 : 10$. Die beschleunigende Kraft der relativen Schwere würde diesemnach den Körper $\frac{15,625}{10}$ Fuß $= 1,5625$ in der Secunde herabtreiben, und es wäre

dem

den, (nach §. 225. 3.), $\sqrt{\frac{25}{1,5625}} = \sqrt{16}$ Secunden, oder 4 Secunden Zeit verfließen, ehe der Körper den ganzen Weg auf der schiefen Ebene zurückgelegt hätte.

§. 235. Da die senkrechte Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeiteinheit bestimmt ist (§. 215.), so läßt sich auch der Raum bestimmen, den ein Körper in eben derselben Zeit, die er bey dem lothrechten Falle verwendet, auf einer gegebenen schiefen Fläche durchlaufen wird.

Es sey (Fig. 50.) CB eine schiefe Ebene, deren Höhe durch CA vorgestellt ist. Wenn man nun aus dem rechten Winkel A, der durch die Höhe CA und die Horizontallinie AB gebildet wird, das Perpendikel AF auf die schiefe Ebene CB fället, so wird der Körper, wenn er frey von C nach der Verticallinie CA herabfiele, diese ganze Höhe CA bey dem freyen Falle in eben der Zeit durchlaufen, in der er bey dem Falle auf der schiefen Ebene vom Scheitel C nach F gelangt. Denn es verhält sich (§. 234.) der Raum, den der Körper in einerley Zeit auf der schiefen Ebene zurücklegt, zur freyen verticalen Fallhöhe, wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB. Es ist aber CF : CA = CA : CB, weil die Perpendikellinie AF zwey ähnliche Dreyecke CAF und CBA giebt, woraus man die Proportion CA : CB = CF : CA bekommt.

Wird der Neigungswinkel der Ebene größer, und = CGA, so würde der Körper den Theil CH > CF in eben der Zeit auf der schiefen Ebene CG zurücklegen, da er bey dem verticalen Falle im Freyen CA durchlaufen würde.

Wenn also drey Körper zu gleicher Zeit von einem und demselben Punkte C ausgingen, der eine nach der Richtung CA, der andere nach der Richtung CG, und der dritte nach der Richtung CB, so würden sie zu einerley Zeit, der erste in A, der zweyte in H, und der dritte in F anlangen.

§. 236. Man beschreibe auf der gemeinschaftlichen Höhe der beyden schiefen Flächen CB und CG (Fig. 31.) einen Kreis, der die Höhe CA dieser Flächen zum Durchmesser hat, so werden CF und CH Sehnen dieses Kreises seyn, und nach dem vorhergehenden §. wird der schwere Körper diese Sehnen in eben der Zeit durchlaufen, da er den verticalen Durchmesser CA durchläuft. Es läßt sich dieß von jeder andern Sehne dieses Kreises beweisen, und folglich der Satz annehmen: daß ein schwerer Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Halb-

Kreises bewegt, die Sehnen im Halbkreise in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises bey dem freyen Falle durchlaufen wäre.

Sigaud a. a. O. I. §. 213.

§. 237. Ein Körper, der sich längs der schiefen Fläche CB (Fig. 30.) bewegt, hat am Ende seines Falles in dieser geneigten Richtung eben die Geschwindigkeit, die er erhalten würde, wenn er von der lothrechten Höhe CA dieser Fläche herabgefallen wäre.

Wenn z. B. CB 5mal länger wäre, als CA, so würde die beschleunigende Kraft der relativen Schwere (nach §. 253.) $\frac{1}{5}$ der absoluten oder lothrechten seyn, und der Körper würde in der ersten Secunde $\frac{15,625}{5} = 3,125$ Fuß darauf herabfallen, und in derselben eine Geschwindigkeit von 2 . 3,125 = 6,250 Fuß erlangen. Wenn nun CB 28,125 Fuß lang wäre, so würde die Zeit, um diese ganz zu durchlaufen, $\sqrt{\frac{28,125}{3,125}} = 3$ Secunden betragen (§. 225. Anm.); und die zu dieser Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit würde (nach §. 219.) 3 . 6,250 = 18,75 Fuß seyn.

Da wir CA $\frac{1}{5}$ der Länge CB angenommen haben, so wird die Höhe CA 5,625 Fuß, und die Zeit, diese lothrechte Höhe zu durchfallen, [illegible] $\sqrt{\frac{5,625}{15,625}} = 0,6$ Secunden seyn. Binnen 0,4 Secunden wächst aber die Geschwindigkeit bey dem lothrechten Falle auf 0,6 . 31,250 = 18,75 Fuß, also eben so viel als vorhin, an.

Karstens Lehrbegriff der ges. Mathem. Th. I. B. II. §. 60. der Mechanik.

§. 238. Wenn ein schwerer Körper auf mehreren an einander hängenden schiefen Ebenen herunterfällt, so [illegible] er bey dem Uebergange von der einen zur andern nichts [illegible] seiner erlangten Geschwindigkeit durch eine andere Ur[illegible] verliert: so hat er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit, die er erlangt haben würde, wenn er nach der [illegible] rechten Richtung in der Höhe von dem Scheitel der er[illegible] schiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten herabgefallen wäre; oder als ob er auf einer schiefen Ebene, die von [illegible]

Scheitel der ersten bis zum untersten Punkte der letzten gelegt ist, herabgesunken wäre.

Es bewege sich ein schwerer Körper durch die an einander gränzenden schiefen Ebenen (Fig. 52.) AB, BC und CD, so ist am Ende der ersten Ebene AB seine darauf erhaltene Geschwindigkeit eben so groß, als ob er vertical durch AE fiele (§. 237.). Wenn er die Ebene BC durchläuft, so ist seine erlangte Geschwindigkeit so groß, als ob er die senkrechte Höhe dieser Ebene BF = EH durchfallen wäre; und bey seinem Falle auf der dritten schiefen Ebene wird er die Geschwindigkeit erhalten, als ob er durch die Höhe derselben CG = HI gegangen wäre. Seine erlangten Geschwindigkeiten auf diesen schiefen Ebenen sind also gleich den durch die Höhen AE + EH + HI bey dem senkrechten Falle erlangten Geschwindigkeiten. Diese Höhen machen aber zusammen die lothrechte Linie AI vom Scheitel A der ersten schiefen Fläche bis zur Grundlinie der untersten aus. Eben diese Geschwindigkeit würde (nach §. 237.) der Körper auch erhalten, wenn er längs AD herabfiele.

Sigaud a. a. O. I. §. 217.

§. 239. Hieraus folgt denn auch, daß ein schwerer Körper, der in einer krummen Linie hinabfällt, am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangt, als wenn er von dem Punkte an, von dem er sich zu bewegen anfängt, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punkt der krummen Linie gezogen werden kann, herabfiele, oder auch, als wenn er durch die Chorde des Bogens niederginge.

Jede krumme Linie läßt sich nehmlich so ansehen, als ob sie aus unendlich kleinen, einen Winkel einschließenden, geraden Linien bestünde, und also als die Durchschnittslinien an einander gränzender schiefer Ebenen. Folglich wird sich auch der vorige Satz (§. 238.) darauf anwenden lassen. Gesetzt, der Körper fällt in der krummen Linie ABCD herab, so wird er diesemnach in D die Geschwindigkeit erlangt haben, die er durch den lothrechten Fall von AI = aD oder auch durch die Chorde AD des Bogens ABCD erhalten würde (Fig. 52.).

§. 240. Wenn ein schwerer Körper durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden ist, und eine schiefe Ebene hinaufwärts zu gehen genöthigt wird, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es wird nach dem bisher vorgetragenen alles das, was oben von dem senkrechten Aufsteigen schwerer Körper (§. 225—227.) gesagt worden ist, sich in Beziehung auf die schiefe Ebene anwenden lassen.

Karsten's Anfangsgr. der Naturw. §. 77. 78.

Pendelschwingungen.

§. 241. Ein schwerer Körper, der an irgend einer Stelle, die nicht mit seinem Schwerpunkte übereinkommt, an einem festen Punkte so angehängt wird, daß er sich um diese Stelle frey drehen kann, heißt ein Pendel (Pendulum).

Eine Kugel, die an einem zarten Faden hängt; eine Stange, die oben um einen Stift beweglich, oder an einem biegsamen Metallblättchen befestigt ist, können Beyspiele abgeben.

§. 242. Wir können uns vorstellen, daß zwar der Punkt B (Fig. 33.) von der beschleunigenden Kraft der Schwere getrieben werde, daß aber die Linie CB, durch die er an dem Punkt C aufgehängt ist, selbst nicht schwer und doch unbiegsam sey. Ein solches eingebildetes Pendel heißt dann ein einfaches oder mathematisches Pendel (Pendulum simplex). Ein zusammengesetztes Pendel (Pendulum compositum) hingegen ist ein solches, wenn mehrere schwere Punkte an der nicht schweren Linie über einander aufgehängt angenommen werden, oder wenn diese Linie selbst schwer ist.

§. 243. Wenn das durch die Schwere afficirte Pendel ruhen soll, so kann es nur in der Lage seyn, worin die Richtung des Fadens auf dem Horizonte senkrecht ist; oder sich selbst überlassen, kann es nur dann ruhen, wenn sich sein Schwerpunkt gerade unter dem Anhängungspunkte in der lothrechten Linie durch diesen Punkt befindet.

§. 244. Wird das Pendel aus der lothrechten Lage gebracht, und sich selbst überlassen, so fällt es in einem Kreisbogen wieder hinab. Ist es nun wieder bey diesem Hinabfallen zur senkrechten Richtung gekommen, so hat es durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, als ob es von dem Punkte an, von dem es zu fallen anfing, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punkt der krummen Linie gezogen werden kann, herabgefallen wäre (§. 213.); es muß also mit der erlangten Geschwindigkeit

auf der andern Seite wieder im Bogen eben so hoch steigen, wo es sich dann endlich wie vorher in eben denselbigen Umständen befindet, und daher wie das erstemal den Bogen in umgekehrter Richtung durchlaufen, und sich also beständig hin und her bewegen muß. Diese abwechselnde Bewegung nennt man eine **Schwingung** oder **Vibration des Pendels** (*Oscillatio, Vibratio penduli*).

Es sey (Fig. 55). CB ein einfaches Pendel, und der Punkt B werde von der Schwere afficirt. Gesetzt, es wird das Pendel aus der verticalen Lage in die geneigte Cb gebracht, und sich selbst überlassen, so muß es von selbst in Bewegung kommen, weil der schwere Punkt nicht mehr lothrecht unterstützt ist. Der schwere Punkt gravitirt in der Richtung bq, und der Faden widersteht in der Richtung Cb. Man verlängere Cb nach r, setze fb auf Cb senkrecht, ziehe qr mit fb, und fq mit br parallel, so wirkt die Gravitation eben so, als wenn sie der Erfolg zweyer andern Kräfte bf und br wäre, die sich gegen die Kraft der Schwere des Punktes, wie die Seitenlinien bf und br des Parallelogramms, das darauf errichtet ist, zur Diagonallinie bq verhalten. Die Kraft br kann keine Bewegung hervorbringen, da ihr der Faden bC vollkommen widersteht, und sie kann nur den Faden dehnen; es kann also nur die Kraft bf wirken, und Bewegung hervorbringen. Da aber der Faden den schweren Punkt immer in gleicher Entfernung von C erhält, so wird der bewegte Punkt von der Richtung der Tangente bf beständig abgelenkt, und genöthigt, einen Kreisbogen zu beschreiben.

Gesetzt, der schwere Punkt ist bey dieser Kreisbewegung bis m fortgerückt: so wird, weil die Gravitation sich gleich bleibt, und also mq = bq angenommen werden muß, mf kleiner werden, als bf war; und diese Seitenlinie mf wird immer um desto kleiner werden müssen, je näher der schwere Punkt der niedrigsten Stelle B kommt. Der Druck nach bf ist also eine veränderliche Größe, und verschwindet ganz, wenn der schwere Punkt in B anlangt. Dieser wird also durch eine veränderliche Kraft beschleunigt; und weil sie in der Richtung der Tangente immer mehr und mehr abnimmt, so wird auch die in gleichen Zeittheilchen hinzukommende Vermehrung der Geschwindigkeit immer geringer, bis sie endlich ganz wegfällt, wenn der schwere Punkt in B angelangt ist. In diesem Augenblicke aber hat er durch den Fall in der krummen Linie bB im Ganzen eine Geschwindigkeit erlangt, als er durch den Fall von A in lothrechter Richtung nach B erhalten haben würde (§. 259.), und der schwere Punkt strebt solchergestalt, nach der Tangente von B weiter in einer horizontalen Richtung mit der erlangten Geschwindigkeit fortzugehen. Da aber der Faden diese geradlinige Richtung hindert, und ihn nöthigt, alle Augenblicke seine Richtung, die er nach der Tangente haben würde, zu ändern, so muß er wieder im Kreisbogen Bβ steigen. Da er aber hier eine schiefe Fläche hinaufsteigt, so wird seine Geschwindigkeit eben so rückwärts abnehmen, als sie bey dem Falle von b nach B zunahm. Gesetzt, er sey bis n gelangt, so wird nf hier die Kraft vorstellen, die der Bewegung des B nach β entgegen wirkt; diese Kraft wird an jeder Stelle der Bewegung von B

nach β immer grösser werden, je näher n nach β kommt, und in β so groß seyn, daß die durch den Fall von b nach B erhaltene Geschwindigkeit endlich ganz verschwunden ist, weil der schwere Körper nur zu derjenigen Höhe hinaufsteigen kann, aus der er bey dem Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen könnte, mit der er anfangs geworfen würde (§. 226.) Auch ist leicht einzusehen, daß die steigende Bewegung von B nach β eben so viel Zeit erfordern werde, als nöthig war, von b nach B zu fallen.

Karsten's Anf. der Naturw. §. 81—83.

§. 245. Der Fall des Pendels (Fig. 33.) durch den Bogen bB, und das Aufsteigen durch Bβ, heißt ein halber, oder auch ein einfacher Schwung (Oscillatio dimidiata, simplex); der Gang durch den ganzen Bogen bβ und der Rückgang von β bis b, oder bis zum vorigen Punkte von dem es ausging, ist ein ganzer oder zusammengesetzter Schwung (Oscillatio composita). Schwingungen, die in gleichen Zeiten vollendet werden, heißen isochronisch (Oscillationes isochronae).

„Die Schriftsteller sind im Gebrauche des Wortes Schwingung nicht einstimmig. Einige nennen einen Hin- und Hergang zusammen eine Schwingung; andere nennen jeden einzelnen Hin- oder Hergang so."

§. 246. Die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit, hängt von dreyerley Umständen ab, nehmlich 1) von der Größe des Elongationswinkels bCB; 2) von der Länge des Pendels, die bey dem einfachen Pendel von der Entfernung des Aufhängungspunkts C vom schweren Punkte B gerechnet wird; und 3) von der beschleunigenden Kraft der Schwere, die nicht an allen Stellen der Erdkugel gleich groß ist.

§. 247. Bey zwey Pendeln, die gleichen anfänglichen Elongationswinkel (§. 246.) und gleiche Schwere, aber ungleiche Länge haben, verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln der Längen, und folglich die Längen der Pendeln wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten.

„Die Länge der Pendeln sey CB und CA (Fig. 34.); sie seyen anfänglich beyde um den Elongationswinkel BCb aufgehoben; das längere Pendel sey dann bis D gesunken. Nun nehme man den Punkt E unendlich nahe bey D, und ziehe CD, CE, welche die Bahn des

kleinern Pendels in d und e schneiden. Nun ist zwar klar, daß beyde Pendel (die man sich nicht etwa an einem Faden vereinigt denken muß) nicht zu gleicher Zeit in D und d anlangen; aber es läßt sich ohne Schwierigkeit beweisen, daß die Zeiten, in welchen sie die unendlich kleinen Bogen DE, de zurücklegen, sich wie die Quadratwurzeln der Längen BC und AC verhalten. Man ziehe zu dem Ende af, dg, bF, DG senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit des längern Pendels in D so groß, als die Geschwindigkeit eines Körpers, der lothrecht von F bis G gefallen wäre (§. 259.); und eben so ist des kürzern Pendels Geschwindigkeit in d so groß, als die Geschwindigkeit des freyen Falles durch fg. Die Geschwindigkeiten verhalten sich aber bey dem Falle, wie die Quadratwurzeln der Höhen (§. 215. 5.), also die Geschwindigkeit des längern Pendels im Punkte D zur Geschwindigkeit des kürzern im Punkte d, wie $\sqrt{FG} : \sqrt{fg}$. Sind nun die Wege DE, de unendlich klein, so werden sie in unendlich kleinen Zeiten zurückgelegt, welche Θ und τ heissen mögen. Während unendlich kleiner Zeiten aber kann die Bewegung als gleichförmig angesehen werden. Bey dergleichen Bewegungen verhalten sich aber die Zeiten, wie die Wege, dividirt durch die Geschwindigkeiten (§. 75. Anm.): also verhält sich $\Theta : \tau = \frac{DE}{\sqrt{FG}} : \frac{de}{\sqrt{fg}}$. Nun sind aber ähnlich, die Dreyecke: DGC, dgC, desgleichen bFC, afC, woraus sich leicht ableiten läßt, daß sich verhalte $FG : fg = BC : AC$. Ferner sind die Ausschnitte CED, Ced ähnlich, also auch $DE : de = BC : AC$. Folglich $\Theta : \tau = \frac{BC}{\sqrt{BC}} : \frac{AC}{\sqrt{AC}} = \sqrt{BC} : \sqrt{AC}$. Stellt man sich nun die Bahnen beyder Pendeln durch lauter aus C gezogene Linien in unendlich kleine Theile getheilt vor, so ist klar, daß sich für jede zwey zusammengehörige kleine Wege die Zeiten Θ und τ wie $\sqrt{BC} : \sqrt{AC}$ verhalten werden. Eben dieses Verhältniß müssen daher auch die Summen dieser kleinen Zeittheilchen, d. h. die ganzen Schwingungszeiten haben. Nennen wir diese also T und t, und die Längen der Pendeln L und l, so haben wir $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, oder $TT : tt = L : l$."

§. 248. Die Anzahl der Schwingungen eines Pendels sind im umgekehrten Verhältnisse der Schwingungszeit, oder der Dauer der Schwingungen, und also auch im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Länge des Pendels.

Es ist nehmlich die Zahl der Schwingungen (N, n) desto größer, je kleiner die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit (T, t) ist: folglich verhält sie sich verkehrt wie diese, oder es ist

$$N : n = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}.$$

Da sich nun die Schwingungszeiten verhalten wie die Quadratwurzeln der Längen (§. 247.), so werden sich auch die Zahlen der Schwingun-

gen umgekehrt verhalten müssen, wie die Quadratwurzeln der Längen; diesemnach ist

$$N : n = \frac{1}{\sqrt{L}} : \frac{1}{\sqrt{l}} \text{; und } N^2 : n^2 = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}.$$

§. 249. Da ein durch die Schwere getriebener Körper die Chorde eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises beym freyen Falle durchlaufen wäre (§. 236.); so würde der schwere Punkt, in der Zeit, da er durch die Chorde βB (Fig. 35.) geht, die doppelte Länge des Pendels 2BC = DB durchlaufen, und in der eben so großen Zeit, da er bey dem Hinaufsteigen durch Bb geht, abermals durch 2BC fallen, folglich in der Zeit eines ganzen Schwunges die achtfache Länge des in Chorden schwingenden Pendels durchlaufen. Wenn ferner ein Pendel sich nicht durch Kreisbogen, sondern durch ihre Chorden bewegte, so würden alle seine Schwingungen isochronisch seyn (§. 236.)

§. 250. Wenn ein Pendel durch Kreisbogen unter verschiedenen Elongationswinkeln schwingt, so sind die Geschwindigkeiten, die es erlangt, wenn es bey dem niedrigsten Punkte angelangt ist, wie die Sehnen der durchlaufenen Bogen.

Ein Pendel CB (Fig. 36.) durchlaufe den Bogen βB, dessen Sehne die gerade Linie βB ist; man ziehe βE senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit bey dem Falle aus β in B gleich der aus E in B (§. 257.). Die Geschwindigkeit des Falles aus E nach B ist zu der aus D in B, wie die Quadratwurzel von EB zu der von DB (§. 215. 5.), das ist, nach geometrischen Gründen, wie Bβ zu DB. Ferner ziehe man αF senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit aus α in B so groß, wie bey dem lothrechten Falle durch FB. Die Geschwindigkeit des Falles aus FB aber ist zu der aus DB wie die Quadratwurzel von FB zu der von DB, das ist, wie αB zu DB. Folglich ist die Geschwindigkeit aus α in B zu der aus β in B, wie die Chorde αB zu der Chorde βB.

§. 251. Die Bestimmung der Zeiten und ihrer Verhältnisse zu den Räumen bey dem Falle auf vorgeschriebenen krummen Linien würde hier zu weitläufig werden, und mehr voraussetzen, als es hier thunlich ist: daher genügt es, nur die Resultate der Untersuchungen der Mathematik über die Pendeln anzuführen. Diese lehren nehmlich, daß, wenn

ein Körper (Fig. 36.) durch den Bogen βB eines Kreises fällt, welcher DB = S zum Durchmesser hat, und (nach §. 223. Anm.) die Zeit des Falles in der verticalen Richtung durch den Durchmesser durch $\sqrt{\frac{S}{g}}$ ausgedruckt wird (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Raum bedeutet), dazu *eine* Zeit erfordert werde, welche durch das Product der unendlichen Reihe $1 + \frac{1}{4}\frac{BE}{S} + \frac{9}{64}\frac{BE^2}{S^2}$ — — — in $\frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$ angegeben wird, wo π die Ludolfische Zahl 3,141592 .... für die Peripherie des Kreises vom Durchmesser 1 bedeutet. Durch den *Quadranten* GB wird die Höhe BE zu BC = $\frac{1}{2}$S: folglich verwandelt sich die Zeit des Fallens durch diesen Quadranten in

$$\left(1 + \tfrac{1}{4}\cdot\tfrac{1}{2} + \tfrac{9}{64}\cdot\tfrac{1}{4}\ldots\right)\tfrac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$$

Da $\frac{1}{4}\pi$ = 0,785398 ..., mit jener Reihe multiplicirt, noch nicht völlig 1 giebt, so sieht man leicht, daß die Zeit des Fallens durch den Quadranten des Bogens kleiner ist als $\sqrt{\frac{S}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmesser DB. Da ein schwerer Körper die Sehne eines Viertelkreises in eben der Zeit durchläuft, als er durch den senkrechten Durchmesser des Kreises fällt (§. 236.), so ist auch die Zeit des Fallens durch den Quadranten GB kleiner, als durch die Sehne GB.

Wird nun der Bogen unendlich klein, und γB dafür angenommen, so verwandelt sich jene Reihe in 1, und die Zeit des Fallens durch denselben in $\frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$; und daraus folgt denn der Satz: Die Zeit des Fallens in unendlich kleinen Bogen des Halbkreises verhält sich zur Zeit des lothrechten Fallens durch den Durchmesser

des Kreises, wie der vierte Theil des Umkreises zu desselben Durchmesser.

Nennen wir also die Zeit des Fallens durch eines Halbkreises unendlich kleinen Bogen t, und die durch den lothrechten Durchmesser T, so ist $t : T = \frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}} : 1 . \sqrt{\frac{S}{g}}$, $= \frac{1}{4}\pi : 1$, oder nahe wie $\frac{355}{4} : 113$, oder wie 0,785 : 1,000.

§. 252. Da alle Sehnen eines Halbkreises in eben der Zeit von einem schweren Körper durchlaufen werden, so wird auch die Bewegung durch die unendlich kleine Sehne γB so lange dauern, als der lothrechte Fall durch DB: folglich fällt der Körper durch den unendlich kleinen Bogen γB in kürzerer Zeit, als durch die verschwindende Sehne desselben; und es verhält sich die Zeit des Fallens durch den verschwindenden Bogen zur Zeit des Fallens durch die verschwindende Sehne ebenfalls, wie der vierte Theil des Umkreises zum Durchmesser. Die Schwingungen durch Kreisbogen sind also schneller, als durch Sehnen.

§. 253. Wenn wir nun den Satz des 251. §. von der Zeit des Fallens in einem unendlich kleinen Bogen eines Halbkreises auf den ganzen Schwung eines Pendels anwenden, so wird die doppelte Länge des Pendels CB zu dem Durchmesser des Kreises genommen werden müssen, — indem der unendlich kleine Bogen γB einem Kreise vom Halbmesser CB zugehört. Da nun ein ganzer Schwung aus dem Falle in den Bogen γB, dem Hinaufsteigen in einen eben so großen Bogen auf der andern Seite, und dem Rückgange von da bis γ besteht, also aus vier solchen Gängen, als der Bogen γB beträgt: so wird sich diesemnach die Zeit eines unendlich kleinen ganzen Schwunges zur Zeit des freyen Falles durch die doppelte Länge des Pendels wie der Umkreis zum Durchmesser verhalten.

Es ist also $t : T = \pi\sqrt{\frac{S}{g}} : 1\sqrt{\frac{S}{g}} = \pi : 1 = 3,141592 \ldots : 1,000000.$

§. 254. Wenn die Schwingungsbogen von einer merklichen Größe werden, so wird auch die Zeit des Schwunges größer werden, und also nicht mehr in demselben Verhältnisse bleiben. Wenn indessen die Bogen sehr klein sind, so bleiben die Unterschiede sehr klein, und die Schwingungen des Pendels sind merklich isochronisch.

Folgende Tabelle zeigt die Zögerung, die aus der Zunahme der Schwingungsbogen bey einem und demselben Secundenpendel an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendel, das, mathematisch genommen, unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwunges bestimmt, und die Länge des Pendels zu 3 Fuß 8 Linien (paris.).

Einfacher Schwung Zoll.	Linien.	Tägliche Vergrößerung. Secunden.
0.	4.	0,1.
0.	8.	0,5.
1.	0.	1,0.
1.	4.	1,8.
1.	8.	2,8.
2.	0.	4,0.
2.	4.	5,5.
2.	8.	7,1.
3.	0.	9,0.

u. s. w., wie man leicht weiter finden kann, wenn man die Zahl der Zolle mit sich selbst multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdruckt. Wenn also ein Pendel nur in der Breite von 8 Linien, oder auf jeder Seite 4 Linien schwingt, so ist es kein wahres Secundenpendel, da es täglich $\frac{1}{2}$ Secunde zurückbleibt. Wenn aber das Pendel nur einen Winkel von zwey Secunden oder $\frac{1}{150}$ Linien beschriebe, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Milliontheilchen einer Secunde, oder in 21500 Jahren eine Secunde betragen.

De la Lande Calcul astronomique, à Paris 1762. §. 255.

§. 255. Wenn die Schwünge des Pendels, auch bey verschiedenem Elongationswinkel, von völlig gleicher Dauer, oder isochronisch seyn sollen, so muß es nicht in Kreisbogen, sondern in der Cykloide schwingen. Es läßt sich nehmlich aus der Anwendung der angeführten Sätze vom Falle in krummen Linien auf die Cykloide erweisen, daß der Fall durch den endlichen Bogen derselben eben so lange dauert, als durch den unendlich kleinen, weßwegen sie eben die tautochronische Linie heißt. Daraus folgt denn der Satz: Die Zeit des ganzen Schwunges in der Cykloide, auch bey

ungleichen Bogen, verhält sich zur Zeit des freyen Fallens durch die doppelte Länge des Pendels wie der Umkreis zum Durchmesser.

Hugenii horologium oscillatorium, P. II. pr. 25. *Frisi* cosmographia, Mediol. 1774. Vol. I. introd. §. 25.

§. 256. Die bisher vorgetragenen Bestimmungen der Geschwindigkeit und Dauer der Pendelschwingungen gelten nur vom einfachen Pendel (§. 242.) im leeren Mittel. Ein zusammengesetztes Pendel ist jedes physische Pendel, das daher erst auf ein einfaches reducirt werden muß. Wird nehmlich ein schwerer Körper an einem ebenfalls schweren Faden oder einer metallenen Stange so aufgehängt, daß das Ganze Schwingungen machen kann, so kann man die Länge desselben nicht für die Länge eines einfachen Pendels halten. Ein solches Pendel ist vielmehr aus vielen materiellen Punkten zusammengesetzt, die insgesammt schwer sind, und eine verschiedene Entfernung vom Aufhängungspunkte haben. Und eben deßwegen nennt man es ein zusammengesetztes Pendel. Selbst eine kleine metallene Kugel, an einem zarten Faden aufgehängt, ist als ein zusammengesetztes Pendel anzusehen, weil, wenn auch das Gewicht des Fadens nicht in Anschlag käme, doch die Kugel nicht als ein Punkt ohne Ausdehnung angenommen werden kann. Wenn daher die Gesetze des einfachen Pendels auf wirkliche Pendel angewendet werden sollen, so muß erst bestimmt werden, wie die Länge eines einfachen Pendels sey, dessen Schwingungszeit eben so groß seyn würde, als die Schwingungszeit eines zusammengesetzten Pendels von gegebener Gestalt und Länge.

§. 257. Es sey (Fig. 37.) CBDE ein zusammengesetztes Pendel; C sey der Aufhängungspunkt, um welchen sich das Pendel bey seiner Schwingungsbewegung drehet, und A sey der Schwerpunkt des Pendels. Man nehme die gerade Linie CO so lang an, als ein einfaches Pendel seyn müßte, wenn dessen Schwingungen mit jenem isochronisch seyn sollten. In diesem Falle müßte der Punkt O als

lin schwer seyn, wenn das zusammengesetzte Pendel in ein einfaches isochronisches verwandelt werden sollte; oder die Entfernung zwischen diesem Punkte O und dem Aufhängungspunkte C ist die Länge des einfachen Pendels, das mit dem zusammengesetzten isochronisch oder gleichzeitig schwingt. Diesen Punkt O nennt man den **Mittelpunkt der Schwingung**, oder den **Schwingungspunkt** (Centrum oscillationis); und die Länge jedes zusammengesetzten Pendels ist aus der Entfernung CO des Schwingungspunktes O vom Aufhängungspunkte C zu schätzen.

§. 258. Um also die vorgetragenen Sätze des einfachen Pendels auf ein zusammengesetztes anzuwenden, ist es nöthig, bey diesem den Schwingungspunkt zu bestimmen (§. 257.). Diese Bestimmung würde uns hier zu weit führen; wir entlehnen also nur einige Resultate der Untersuchungen, welche die Mechanik darüber angestellt hat.

1) In einer schweren, gleichartigen, und geraden Linie, deren Aufhängungspunkt sich an dem einen Ende derselben befindet, z. B. in einer cylindrischen oder parallelepipedalischen Stange von Metall, einem Metalldrathe, einem Blechstreifen, u. dergl., ist der Schwingungspunkt vom Aufhängungspunkte um $\frac{2}{3}$ der Linie entfernt.

2) In einer soliden Kugel, die an einem nicht bemerkbaren schweren Faden an ihrem Scheitel aufgehängt ist, liegt der Schwingungspunkt unter dem Schwerpunkte der Kugel um $\frac{2}{5}$ des Quotienten, den man findet, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpunkts vom Aufhängungspunkte dividirt. So ist z. B. bey einer Kugel von 1 Fuß (paris.) Durchmesser, deren Schwerpunkt 440,16 Linien vom Aufhängungspunkte entfernt ist, der Schwingungspunkt 4,711 Linien unter dem Schwerpunkte derselben; bey einer Kugel von 2 Zoll Durchmesser ist er 0,13 Linien, und bey einer Kugel von einem Zolle 0,033 Linien darunter.

3) Wenn der Faden, an welchem die solide Kugel hängt, ein merkliches Gewicht hat, so findet man den

Schwingungspunkt durch folgende Formel: Es sey u das Gewicht des Fadens oder des Drathes, P das Gewicht der Kugel, b der Durchmesser der Kugel, a die Entfernung des Mittelpunkts der Kugel vom Aufhängungspunkte: so liegt der Schwingungspunkt unter dem Mittelpunkte der Kugel um

$$\frac{(\frac{1}{3}u+\frac{2}{5}P)b^2-\frac{1}{6}u(ab+a^2)}{(\frac{1}{2}u+P)a-\frac{1}{2}bu}$$

Eine kleine metallene Kugel von etwa zwey Linien im Durchmesser, die an einem sehr zarten ungesponnenen Hanffaden aufgehängt ist, ist zwar immer noch ein zusammengesetztes Pendel; indessen fällt doch der Mittelpunkt der Kugel mit dem Schwingungspunkte sehr nahe zusammen.

Hugenii horologium oscillatorium, Paris. 1673. Fol. P. IV. prop. 7-25. *Jacob Bernoulli*, in den Mém. de l'acad. roy. des sc. 1703. S. 78. ff. und S. 281. ff. *Joh. Bernoulli*, ebendas. 1714. S. 208. *Mairan*, ebendas. 1735. S. 183. *Muschenbroek* introductio in philosoph. naturalem, I. §. 679. 671. *De la Lande* exposition du calcul astronomique. S. 199. *Le Pauté* traité d'horlogerie, à Paris 1755. 4. S. 291. Kästner's Anfangsgr. der höhern Mechanik, Göttingen 1766. 8. S. 194 u. f. S. 243. Karsten's Lehrbegriff der Mathematik, Th. I. B. 2. Abschn. VI. der Mechanik; ingl. Th. IV. Abschn. VIII. und IX. der Mechanik.

§. 259. Wenn ein zusammengesetztes Pendel Schwünge von bestimmter Zeitdauer verrichten soll, so muß die Länge des gleichgeltenden einfachen Pendels eine bestimmte Größe haben. Wenn die Zeit eines einfachen oder halben Schwunges gerade eine Secunde dauert, so heißt die dazu gehörige Länge das Secundenpendel, oder auch die Länge des einfachen Pendels.

„Eines frey fallenden Körpers Fallhöhe in der ersten Secunde wird erhalten, wenn man die bekannte Länge des wahren Secundenpendels mit 9,8696 multiplicirt."

§. 260. Man kann die Länge des Secundenpendels (§. 259.) durch Beobachtung bestimmen. Man hänge zu dem Ende eine solide Kugel an einem dünnen ungesponnenen Faden auf, und bestimme die Entfernung des Schwingungspunktes vom Aufhängungspunkte aufs genaueste (258.) Man wähle einen Ort zur Beobachtung, der eine gleichförmige Temperatur von etwa 10° Reaum. hat, und keinem

richtzuge unterworfen ist. Man lasse hierauf das Pendel frey schwingen, zähle die einfachen Schwingungen desselben eine Zeitlang fort, und beobachte nach einer richtig gehenden und gut geordneten Secundenuhr die während der Schwingungen verflossene Zeit. Man drücke die so beobachtete Zeit in Secunden aus, und dividire sie mit der beobachteten Anzahl der Schwingungen: so hat man die Schwingungszeit für ein einfaches Pendel von bekannter Länge, nehmlich von einer Länge, die der Entfernung des Aufhängungspunkts vom Schwingungspunkte gleich ist. Aus der Länge dieses Probependels und der Dauer seiner einfachen Schwingungen läßt sich nun nach einer leichten Rechnung (§. 247.) die Länge eines einfachen Pendels bestimmen, das in einer Secunde einen einfachen Schwung macht. Man wiederhole diesen Versuch oft mit Probependeln von verschiedener Länge, und nehme das Mittel von allen Versuchen, um desto sicherer die Länge des einfachen Secundenpendels zu erhalten.

Mairan a. a. O. S. 155—200. *Van Swinden* positiones physicae, I. S. 98.

Einen bequemen und sehr genauen Apparat, die Länge des Secundenpendels zu bestimmen, hat Hr. von Zach angegeben und beschrieben: Beschreibung einer neuen Vorrichtung, womit die Versuche und Bestimmungen der wahren Länge des einfachen Secundenpendels genau und behend angestellt und gemacht werden können; in Boden's Samml. astronomischer Abhandl. 2. Supplementb. S. 176 ff. und im Voigt's Magazin, B. IX. St. 1, S. 142 ff.

„Zur Ausmittelung der Länge des wahren Secundenpendels benutzten einige Astronomen unter andern auch Pendelstangen mit unten angeschraubten Kugeln. Als man nun bey hieher gehörigen Versuchen nach einander Kugeln verschiedener Art, bleyerne, hölzerne &c. anwandte, so zeigte sich, daß, wie verschieden auch die Substanz dieser Kugeln war, dennoch an demselben Orte die Schwingungen gleichzeitig ausfielen, daß die Schwere auf die verschiedenen Materien nicht ungleich, sondern vollkommen gleichartig wirke. Kr."

§. 261. Um indessen die wahre Länge des einfachen Secundenpendels, das in einem freyen Mittel schlägt, und wobey die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, sind noch einige Berichtigungen zu den vorhergehenden Versuchen nöthig, und zwar

1) Wegen des Widerstandes der Luft. Die Pendeln erleiden nehmlich von der Luft, die sie beym Schwingen aus der Stelle drängen müssen, einen Widerstand, der um desto größer ist, je dichter die Luft, und je größer das Volum des Pendels ist. Pendeln von größerm Gewichte schwingen daher bey gleicher Länge und gleichem Volum allerdings schneller, als die von leichterm Gewichte, obgleich die Größe des Gewichts auf die Schwingbewegung an sich so wenig Einfluß hat, als auf den Fall der Körper (§. 216.). Durch diesen Widerstand der Luft geschieht es hauptsächlich, daß die Schwingungsbogen immer kleiner werden, und das Pendel endlich zur Ruhe kommt, da sonst die Schwungbewegung an sich ohne Ende fortdauern müßte. Ob nun aber gleich durch diesen Widerstand der Luft die Dauer des Niederganges etwas länger wird, so wird doch die des Aufsteigens dadurch wieder etwas kürzer; und durch diese Compensation geschieht es, daß die Schwünge ziemlich isochronisch bleiben, und daher keine merkliche Veränderung Statt findet, die einer Correction bedürfte. Eine ganz andere Bewandtniß aber hat es mit der hydrostatischen Wirkung der Luft, wodurch, wie die Folge beym Wasserwägen lehren wird, ein Theil der Gravitation des Pendels aufgehoben wird; hierauf muß sich die Berichtigung wegen des Widerstandes der Luft beziehen. Dadurch, daß das Pendel Luft aus der Stelle drängt, verliert es einen Theil seines Gewichts, und bewegt sich mit einem Verluste seiner Gravitation. Daher ist zu der beobachteten Länge des einfachen Secundenpendels noch etwas hinzuzusetzen, um die Länge dessen zu finden, das im leeren Raume Secunden schwingt. Dieser hinzuzusetzende Theil verhält sich zur Länge des einfachen Pendels in der Luft, wie das specifische Gewicht der Luft zum specifischen Gewicht der Materie, woraus das Pendel besteht.

Bouguer traité de la figure de la terre; à *Paris* 1749. 4. S. 899 ff. *Van Swinden* pos. phys. 1. S. 93. §. 236.

2) Wegen der Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde, die von der Umdrehung der Erde um ihre Achse her-

herrühret, wodurch die Schwere des Pendels, und also die Länge des einfachen Secundenpendels vermindert wird. Diese Verminderung ist desto größer, je näher der Ort der Beobachtung dem Aequator liegt, oder je größer die Kreise sind, die er bey der täglichen Bewegung der Erde durchläuft. Ein und dasselbige Pendel wird also unter dem Aequator langsamer schwingen, als gegen die Pole zu, und es wird dort verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. Richer beobachtete dieß bey seiner Reise nach Cayenne im Jahre 1672, 1 Grad 56 Minuten vom Aequator; sein Pendel, das zu Paris Secunden schlug, mußte hier um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzt werden, um die nehmliche Geschwindigkeit zu behalten. Um also die wahre Länge des einfachen Secundenpendels zu bestimmen, welche Statt finden müßte, wenn die Erde ruhete, ist der beobachteten Länge noch etwas hinzuzusetzen. Um dieß zu finden, darf man nur den Bruch $\frac{1}{289}$, als das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator (§. 271. 12.), mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Orts multipliciren, und die gefundene Quantität zu der beobachteten Länge des Pendels zusetzen. Gesetzt also, daß der Ort der Beobachtung unter einer Breite von 60 Graden läge, so ist der Cosinus $= \frac{1}{2}$, und die Rechnung giebt $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{289}$ oder $\frac{1}{1156}$. Wenn nun die beobachtete Länge des einfachen Pendels daselbst 439,28 Linien wäre, so müßten noch $\frac{439{,}28}{1156} = 0{,}38$ Linien zu dieser beobachteten Länge zugesetzt werden, um die wahre Länge des Secundenpendels zu finden, das durch die Schwungkraft keine Verminderung erleidet.

Herr de la Lande giebt hiernach folgende Tafel an:

unter dem Aequator	0	Gr.	0	Min.	1,56	Lin.
zu Portobelo	9	.	34	.	1,48	.
zu Klein-Goave	18	.	27	.	1,38	.
am Vorgeb. d. g. Hoffnung	33	.	55	.	1,04	.
zu Paris	48	.	50	.	0,67	.
zu London	51	.	31	.	0,59	.
in Schweden bey	60	.	0	.	0,58	.
zu Pello in Lappland	66	.	48	.	0,24	.

Phoronomia, sive de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libr. II. auct. *Jac. Hermanno;* Amstelaed. 1716. 4. S. 568 ff. *De la Lande* calcul. astronom. S. 205.

3) Wegen der Größe der Schwingungsbogen. Hierher gehört das, was §. 254. angeführt worden ist.

4) Wegen der Wärme. Die Temperatur kann nehmlich die Länge des Maaßstabes ändern; und daher ist es nöthig, bey der Messung des Probependels sich entweder stets einer gleichförmigen Temperatur zu bedienen, oder den Unterschied der Länge bey andern Temperaturen an dem Maaßstabe erforscht zu haben. — Wenn die Pendeln selbst von der Wärme und Kälte in ihrer Länge verändert werden, so würden sie natürlicher Weise ihren Isochronismus nicht behalten. An genauen Uhren hat man deßwegen Pendeln aus verschiedenen Materien anzubringen gesucht, die sich wechselseitig durch Verkürzung und Verlängerung bey verschiedenen Temperaturen compensiren; dahin gehört Grahams und Romains rostförmiges Pendel aus eisernen und kupfernen Stäben. Noch vollkommener hat man die Verbindung von Stäben aus Eisen und Zink gefunden.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. I. §. 675. 676. *Berthoud* essai d'horlogerie; à Paris. T. II. 1763. 4. T. 2. S. 118—143. 181—188. 299—306.

„Hiernach läßt sich ein phys. Pendel von bekannter Größe, für den bleibenden Ort auch als Wärmemesser gebrauchen, indem — bey übrigens gleichem Luftwiderstande, bekanntem Einflusse der Reibung rc., — die eintretende Verlangsamung der Schwingungen die durch die Schwingungszahl sogleich bestimmte Zunahme der Wärme, die Beschleunigung der Schwingungen hingegen die bestimmte Abnahme der Wärme anzeigt. Kr."

§. 262. Ungeachtet aller dieser Berichtigungen lehrt die Erfahrung, daß an den verschiedenen Orten auf der Erde unter verschiedenen Breiten die Länge des einfachen Secundenpendels nicht gleich sey; woraus denn folgt, daß die Beschleunigung der Schwere in den verschiedenen Breiten nicht gleich seyn könne. Man hat diese Länge gefunden:

1) unter dem Aequator an der Meeresfläche, 439,21 Lin. paris. = 454,48 rheinl.;

2) zu Paris, unter der Breite von 48° 50′, 440,57 Lin. paris. = 455,89 rheinl.;

3) zu **Leyden**, unter der Breite von 52° 9′, 440,71 paris. = 456,04 rheinl.;

4) zu **Pello** in Lappland, unter der Breite von 66° 48′, 441,27 Lin. paris. = 456,61 rheinl.

Die Bestimmung der Pendellänge von andern Orten sehe man bey *Muschenbroek*: introd. in philos. nat. T. I. S. 99. und in Bodens Kenntniß der Erdkugel, S. 85.

Nach den neuesten und genauesten Versuchen in Paris hat man die wahre Länge des Secundenpendels daselbst 440,6 Lin. paris. gefunden.

„Folgende Uebersicht giebt neueren Bestimmungen gemäß die Vergleichung der Pendellängen und der Fallräume verschiedener Orte:

Beobachtungsort und geogr. Breite desselben.		Länge in Pariser Maaß. des wahren Secundenpendels.		Länge in Pariser Maaß. des Fallraums in der ersten Secunde.
Unter dem Aequator 0°, 0′	—	36″ 7‴,21	—	15′,051
Paris 48°, 50′	—	36″ 8‴,64	—	15′,101
Pello 66°, 48′	—	36″ 9‴,17	—	15′,118
Spitzbergen 79°, 50′	—	36″ 9‴,40	—	15′,126

Bouguer's im Jahr 1738 zu Quito angestellten Beobachtungen zufolge (vergl. B. a. a. O.), ist daselbst unter 0° Br. die Länge des wahren Secundenpendels an der Meeresfläche = 36″, 7‴21 auf den Cordilleren zu Quito 8796 Fuß über Meeresfläche = 36″ 6‴ 88 und auf dem Pichincha 14604 par. F. über Meeresfläche = 36″ 6‴ 69. Kr."

§. 263. Die Lehren vom einfachen Pendel hatte schon Galilei mit den Gesetzen der Schwere erfunden; Huygens aber erweiterte diese Erfindung, machte vom Jahre 1656 an davon überaus wichtige Anwendungen zur Verbesserung der Uhren, und wurde der Erfinder der Pendeluhr. Er schlug auch die Länge des einfachen Secundenpendels zu einem allgemeinen Fußmaaße vor, und nach seinem Vorschlage sollte der dritte Theil dieser Länge der allgemeine Fuß seyn. Er wußte aber damals noch nicht, daß die Länge des Secundenpendels unter verschiedenen Breiten verschieden sey, und daß sie zwar ein natürliches, aber kein allgemeines Längenmaaß gewähre. Für einerley Ort bleibt indessen diese scharfsinnige Bestimmung immer anwendbar.

Christ. Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol.

Versuch, durch Zeitmessungen unveränderliche Längen, Körper und Gewichtmaaße zu erhalten, von Joh. Whitehurst, a. d. Engl. übers. mit Anm. von J. H. Wiedemann. Nürnb. 1790. 4.

§. 264. Eine andere sehr wichtige Anwendung der Gesetze vom Pendel machte Huygens dadurch, daß er vermittelst derselben die Beschleunigung der Schwere bestimmte. Weiß man nehmlich die Länge des einfachen Pendels, so läßt sich nach §. 253. leicht bestimmen, wie viel Fuß der Körper in der ersten Secunde seines Fallens durchlaufe. Weil nehmlich die Quadratzahl der Schwingungszeit des Pendels sich zur Quadratzahl von $\frac{355}{113}$ oder von 3,1415926 ... (als dem Verhältnisse der Peripherie des Kreises zum Durchmesser) verhält wie die halbe Länge des Pendels zur Beschleunigung der Schwere: so darf man nur die halbe Länge des einfachen Secundenpendels für einen gewissen Ort mit der Quadratzahl von 3,1415926.. multipliciren, um den Fallraum schwerer Körper in der ersten Zeitsecunde, oder die Beschleunigung der Schwere, für den Ort der Beobachtung zu finden. Die Länge des einfachen Secundenpendels ist nach Mairan zu Paris 440,57 Linien (§. 262.), folglich die halbe Länge 220,28 Linien (paris.), und diese mit der Quadratzahl von 3,1415926 = 9,869604 multiplicirt, giebt für die Fallhöhe der ersten Secunde 2174,07 Linien paris., oder sehr nahe, wie oben (§. 215.).

Karsten's Anfangsgr. der Naturl. §. 94.

§. 265. Da die Beobachtungen lehren, daß die Länge des einfachen Pendels, wenn es isochronisch bleiben soll, unter dem Aequator kürzer seyn muß, als gegen die Polarländer zu (§. 261. 2.), so folgt, daß die Schwere unter dem Aequator geringer seyn müsse, als gegen die Pole zu. Zu Folge dieser Beobachtungen wächst die Länge des einfachen Secundenpendels, je mehr man sich vom Aequator gegen die Pole zu entfernt. Es ist zwar nicht das Ganze der Verminderung dieser Länge gegen den Aequator zu auf Rechnung der Verminderung der Gravitation zu schreiben, son-

hen ein Theil kommt auf Rechnung der größern Centrifugalkraft unter dem Aequator; da aber dieser Theil bestimmt werden kann (§. 261. 2.), so läßt sich auch nach angestellter gehöriger Berichtigung die Verminderung der Schwere gegen den Aequator zu angeben. Die Schweren an den verschiedenen Orten verschiedener Breiten verhalten sich wie die Längen des einfachen Secundenpendels, die man nach den gehörigen Berichtigungen gefunden hat.

Newtoni princip. philos. natur. III. pr. 20.

§. 266. Eben so lehrt auch die Erfahrung, daß Pendel, die isochronisch schwingen, auf hohen Gegenden kürzer, als in niedrigen seyn müssen; woraus denn folgt, daß die Schwere vom Mittelpunkte der Erde weiter abwärts geringer ist, als bey mehrerer Nähe, und daß diese mehrere Erhöhung wahrscheinlich der Grund ist, warum gegen den Aequator zu isochronische Pendeln, auch nach der Correction wegen der Centrifugalkraft (§. 261.), kürzer seyn müssen, als gegen die Pole hin.

Bouguer traité de la figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. 335. 357. Nach ihm war die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator

in der Höhe von	2434 Toisen	36 Z.	6,70	Lin.
. . .	1466	36 .	6,83	.
an der Meeresfläche		36 .	7,07	.

Nach der gehörigen Berichtigung sind diese Längen: 36 Z. 6,69 L.; 36 Z. 6,88 L.; 36 Z. 7,21 L.

Von den erdichteten Versuchen einiger Franzosen, die das Gegentheil darthun sollten, sehe man: *Le Sage* im Journal de Physique, T. I. S. 249; *De Luc* lettres physiques et morales, L. 45. T. II. S. 358., und Achard physische Schriften, S. 197.

Wurfbewegung.

§. 267. Wenn ein schwerer Körper in einer Horizontallinie, oder in einer andern, die nicht auf dem Horizonte senkrecht ist, in einem freyen Mittel durch irgend eine Kraft fortgeworfen wird, so würde er, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte, in gleichen Theilen der Zeit gleiche Räume nach der Richtung des Wurfs durchlaufen; die Schwere

treibt ihn aber senkrecht, nach der Fläche der Erde herab, und der Körper wird also von zwey Kräften zugleich getrieben, deren Richtungen einen Winkel einschließen. Folglich ist die Bewegung des Körpers zusammengesetzt, und seine Bahn würde sich nach dem, was hiervon (§. 87.) gesagt worden ist, leicht finden lassen. Die Kraft der Schwere aber wirkt nicht bloß im Anfange, sondern, als eine stetige Kraft, ununterbrochen, und beschleunigt folglich den Fall des Körpers gleichförmig. Wenn dieser also bey der durch den Wurf erhaltenen Geschwindigkeit als bloß träge im ersten Augenblicke ein Raumtheilchen der geradlinigen, z. B. horizontalen Bahn fortgeht, so wird er auch während dieser Zeit durch die Schwere herabgetrieben, folglich nach Endigung desselben so tief seyn, als er beym lothrechten Falle seyn würde; nach dem zweyten Augenblicke wird er aber viermal tiefer gesunken seyn (§. 214.), wenn er in der Bewegung nach der Kraft des Wurfes, oder nach der Projectionslinie, nur zwey solche Raumtheilchen, als im ersten Augenblicke, fortgerückt ist; nach dem dritten Augenblicke ist er neunmal tiefer gefallen, da er vermöge seiner Geschwindigkeit durch die erstere Kraft wieder nur einen dreyfach so großen Raum, als im ersten Augenblicke, vorgerückt ist, u. s. w. Kurz, der geworfene Körper wird eine krumme Linie beschreiben, worin sich die Abscissen verhalten wie die Quadrate der Ordinaten, und folglich eine Parabel. Auch dieses Gesetz hat Galilei zuerst entdeckt.

Es werde ein schwerer Punkt (Fig. 58.) A in der horizontalen Richtung AH geworfen. Man theile AH in drey gleiche Theile AB, BG, GH, die von dem bloß trägen Körper in gleichen Zeiten zurückgelegt werden würden. Allein so wie die freye Wurfbewegung des schweren Körpers anfängt, sinkt er durch die Schwere hinab. Wir wollen setzen, daß er in dem Zeittheilchen, da er AB ohne Schwere zurücklegen würde, durch diese AK hinabfalle: er wird also die Diagonale AE durchlaufen müssen, folglich sich nach Endigung des ersten Zeittheils in E befinden. Im folgenden Zeittheile würde er nach der Richtung des Wurfes, wenn er nicht schwer wäre, um BG = EM fortgerückt seyn: die Schwere würde ihn aber in diesem zweyten Zeittheile allein 3mal tiefer hinabtreiben, als im ersten, folglich um MF = KP = 3 AK. Er durchläuft also die Diagonale des Parallelogramms EMSF, und befindet sich nach Endigung des zweyten Zeittheils in F, also nach der senkrechten Höhe

AP = 4 AK hinabgetrieben. Im dritten Zeittheile würde ihn die Kraft des Wurfes um FO = GH fortrücken lassen; er durchfällt aber vermöge der Schwere in diesem Zeittheile den fünffachen Raum FR = 5 AK, und durchläuft also die Diagonale FL, so daß er nach Endigung der drey Zeittheile 9 AK in der senkrechten Höhe AN = HL hinabgesunken ist.

Da die Schwere auf den bewegten Punkt nicht bloß in A, E und F, sondern in jedem Punkte seiner Bahn stetig wirkt, so machen auch die Diagonalen AE, EF und FL keine geraden, sondern krumme Linien aus, und die ganze Bahn ist eine krumme Linie, die die Eigenschaften einer Parabel hat. Denn wenn man AN für die Achse dieser krummen Linie nimmt, so sind AK, AP und AN die Abscissen, und KE, PF und NL die Ordinaten. Nun ist vermöge der Construction $AK : AP = KE^2 : PF^2 = AB^2 : AG^2$; und $AK : AN = KE^2 : NL^2 = AB^2 : AH^2$.

Galilei dialog. de motu locali. L. B. 1699. 4. IV. th. I,

§. 268. Nicht nur in der horizontalen Richtung, sondern auch in jeder andern, wofern sie nur nicht auf den Horizont senkrecht ist, müssen nach dieser Theorie die geworfenen schweren Körper eine parabolische Bahn haben, und zwar nicht nur bey dem Hinabsinken, sondern auch bey dem Hinaufsteigen, und es läßt sich solchergestalt der Weg, den sie nehmen, und der Ort, wo sie sich in einer gewissen Zeit befinden, bestimmen, wenn man die anfängliche Geschwindigkeit, mit der sie geworfen wurden, oder die Gewalt des Wurfes (Impetus jactus), so wie den Winkel kennt, den die Richtungslinie mit dem Horizonte macht. In der Luft macht freylich der Widerstand derselben bey großen Wurfsweiten, daß die Bahn des geworfenen Körpers nicht genau parabolisch seyn kann. Auch sind zwar die Richtungslinien der Schwerkraft im eigentlichen Sinne nicht parallel; indessen ist bey kleinen Weiten der Unterschied so gering, daß er nicht in Anschlag kommen kann.

Beyspiele geben: geworfene Steine, Geschützkugeln, und besonders ein springender Wasserstrahl, wenn die Springröhre nicht lothrecht, sondern schief oder horizontal steht.

Eigene Maschinen, um durch Versuche diese Theorie zu bestätigen, beschreiben: *s'Gravesande* elem. physic. §. 645—648. §. 1624—29.; *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. §. 704.; *Nollet* leçons de physique, VI. S. 212. ff. Exp. 5.; *Bernoulli* in den *nouv. mém. de l'acad. de Berlin*, 1780.

Die Theorie geworfener Körper sehe man bey *Torricelli* de motu projectorum, in seinen *operibus*, Florent. 1664. 4.; *Blondel* art de jetter les Bombes, à Paris 1685. 4.; *Maupertuis*, in den *Mé-*

moires de l'acad. roy. des sc. 1731. S. 297.; *Tempelhoff* le bombardier prussien, ou du mouvement des projettiles, à Berlin 1781. 8.: Kästner's Anfangsgründe der höhern Mechanik, §. 173 u. ff.; Karsten's Lehrbegriff der gesammten Mathem. Th. IV., Mechanik, Abschn XX.; und Anfangsgründe der mathem. Wissenschaften, Th. II. §. 53. ff.

§. 269. „Ein geworfener Körper entfernt sich in einer gewissen Zeit von der ursprünglichen Richtung seines Wurfs eben so weit, als er sich in eben der Zeit durch den lothrechten Fall davon entfernen würde. In der Wirklichkeit verursacht indessen der Widerstand der Luft auch hierin eine Abweichung. F."

Centralbewegung schwerer Körper.

§. 270. Wenn aber die Richtungslinien der Schwere nicht unter einander parallel, sondern nach einem Mittelpunkte zu gerichtet sind, so wird die Schwere als Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfes, die den schweren Körper von der Richtung der Centripetalkraft abzulenken strebt, zur Tangentialkraft, folglich die Wurfbewegung zu einer wahren Centralbewegung werden (§. 99.) Bey den kleinen Weiten, in denen wir auf der Erde die Körper werfen können, fallen sie freylich bey ihrer krummlinigen Bahn auf die Erde zurück; die von ihnen beschriebenen Bogen sind so klein, daß alle von denselben gegen den Mittelpunkt der Erde gezogene Linien für parallel gehalten werden können, und daß also die Bahn von einer parabolischen Krümmung, die freylich nicht wieder in sich selbst zurückläuft, dem Ansehen nach entsteht. Es ist aber doch denkbar, daß ein schwerer Körper in einer solchen Erhöhung von der Erde horizontal geworfen werde*), daß die Weite der Bogen so wachse, daß die aus ihnen nach dem Mittelpunkte der Erde gezogenen Linien nicht mehr parallel, sondern für convergirend zu halten sind. Dann wird die Bahn nicht parabolisch seyn können; sie wird in sich selbst zurücklaufend werden, und der schwere Körper wird um die Erde herum eine Centralbewegung haben. Wirklich ist auch die Bewegung, welche

der Mond um die Erde, und alle Trabanten um ihre Hauptplaneten, so wie diese um ihre Sonne haben, eine wahre Centralbewegung, und eine Folge derselben stetigen Kraft, welche die krummlinige Bahn der geworfenen schweren Körper auf unserer Erde hervorbringt, nehmlich der Gravitation. Die Schwere ist die stetig wirkende Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfs, welche die schweren Weltkörper von der Richtung dieser Centripetalkraft nach der Tangente, abzulenken strebt, die Tangentialkraft oder Schwungkraft. Diese letztere müssen wir uns als Folge eines ursprünglichen Anstoßes, verbunden mit dem Beharrungsvermögen des Körpers, vorstellen. Um also die Centralbewegung der Himmelskörper zu erklären, dürfen wir annehmen, daß sie entweder nach der Richtung der Tangente zuerst durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden wären, und daß die nachher hinzugekommene Schwere sie von jener Richtung nun stetig ablenke; oder daß die gravitirenden Himmelskörper durch eine projectile Kraft nach der Tangente ihrer Bahn mit einer determinirten Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt wurden.

*) „Es kommt nicht sowohl auf die Entfernung von der Erde an, in welcher der Wurf geschieht, als auf die Größe und Richtung des ursprünglichen Anstoßes. Denn wäre dicht um die Erde keine widerstehende Atmosphäre, so ließe es sich wohl denken, daß ein Körper in sehr geringer Entfernung von derselben um sie herum die Centralbewegung machte: nur würde der erste Anstoß mit unermeßlicher Geschwindigkeit geschehen müssen."

Daß es denkbar sey, daß die Bahn geworfener Körper zu einer in sich selbst zurücklaufenden Linie, und nicht etwa zu einer Spirallinie werde, die dem Mittelpunkt immer näher komme, läßt sich leicht beweisen. Jede Geschwindigkeit nach der Richtung der Wurfkraft kann durch die Größe der Tangente ausgedruckt werden, wie z. B. (Fig. 39.) durch Ab, und die Schwerkraft, die nach einem Mittelpunkte, wie nach C wirkt, durch Ac=bi. Wenn also der schwere Körper aus A gegen T zu geworfen wird, so wird er in eben der Zeit, da er Ab durchläuft, zugleich in eben der Zeit von der Tangente durch die Schwere um bi oder Ac abgezogen, und also in eben der Zeit, als er nach der Kraft des Wurfs allein Ab durchlaufen würde, vermöge der zusammengesetzten Bewegung den Bogen Ai beschreiben; von da würde er in der folgenden gleich großen Zeit, ohne die Schwere, nach der Tangente bis t fortgehen. Treibt ihn aber die Schwere ununterbrochen gegen C, und wird diese Kraft, während daß er in i ist, durch tn=ie ausgedruckt, so wird er vermöge dieser zusammengesetzten Bewegung in eben

dieser Zeit, den Bogen in beschreiben. Er würde in der dritten Zeit von n gleichförmig nach q fortgehen, wenn die Schwere nicht wäre, wenn nehmlich nq = ni gesetzt wird; da aber die Schwere in n ihn zu gleicher Zeit durch np = qr führt, so wird er in eben dieser Zeit durch nr geführt, und so weiter. Weil die Centripetalkraft immer wächst, so wie die Distanzen Ci, Cn, Cr abnehmen, so wird auch der geworfene Körper immer näher gegen C zu kommen, bis er an den untersten Punkt E gelangt ist; aber von da an wird er sich nicht mehr C nähern, sodern davon ab- und wieder nach A zurückgehen. Aus der Lehre von der Centralbewegung (§. 101. 1.) ist bekannt, daß die Dreyecke AiC, inC, nrC gleichen Inhalts sind, und eben so auch tEC, dessen Bogen der geworfene Körper an der untersten Stelle durchläuft. An dieser Stelle der krummlinigen Bahn ist die Centripetalkraft am größesten, und sey durch Em ausgedruckt, und verhalte sich gegen Ac umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte der Gravitation, oder wie $AC^2 : CE^2$. Der Körper würde aus E nach o gleichförmig fortgehen, in eben der Zeit, da er tB beschrieben hat, wenn die Schwere in E zu wirken aufhörte: sie zieht ihn aber um Em = oh nach C zu, daher legt er in eben dieser Zeit den Bogen Eh zurück. Von h würde er in der folgenden gleich großen Zeit durch ht weggehen, wenn ihn nicht während dieser Zeit die Schwere nach C ablenkte, und ihn am Ende dieser Zeit bis s zurückgebracht hätte, u. s. f. Aus den Richtungen Eo, ht erhellet, daß, wenn der geworfene Körper in E angelangt ist, er von da an keinesweges gegen C zu immer mehr näher komme, sondern daß er vielmehr, weil er in den Punkten E, h, s, G eben dieselbige Centripetalkraft hat, als in den correspondirenden Punkten der gegenüber stehenden Hälfte, eben so nach A zurückkehrt, als er sich von da aus entfernte.

Man nehme nun an, daß die Kraft des Wurfes Ab dieselbige bleibe, das Verhältniß der Centripetalkraft oder der Schwere aber größer als Ac, und durch Ad = be ausgedruckt werde, so wird der Körper durch die vereinigte Wirkung beyder Ae durchlaufen. Wird die Schwerkraft noch größer, nehmlich = Ag, so wird er in eben der Zeit, da er ohne Schwere Ab durch die Kraft des Wurfes zurücklegen würde, den Bogen Af durch die gemeinschaftlichen Wirkungen durchlaufen. So wie er durch Ab und Ac die Centralbewegung AFEG hat, so wird er durch Ab und Ad, oder durch Ab und Ag, die von AHDI oder AKBL u. s. w. haben.

(„Ein überzeugender Beweis dieses Satzes ist nur durch Hülfe der höhern Mathematik möglich. F.")

Scherffer institutiones physicae, P. II. Vindob. 1765. 8. S. 35 ff.

„Aus dem Vorhergehenden (mit Hinzuziehung des in §. 75, 100. und 101. vorgetragenen) ergiebt sich zur Bestimmung der Schwungkräfte zweyer, in verschiedenen Kreisen sich gleichförmig (d. h. hier, so, daß alle von ihnen in gleichen Zeiten durchlaufenen Bogen ihrer Kreise gleich viel Grade haben) bewegender Körper, daß die Schwungkräfte, wenn die Halbmesser der Kreise gleiche Größe haben, den Massen proportional sind; daß sie bey gleichen Massen im Verhältniß der Halbmesser der von den Körpern durchlaufenen Kreise stehen, und daß sie dem Verhältnisse der Bewegungskräfte beyder Körper ent-

sprechen, wenn Massen und Halbmesser ihrer Kreise ungleich sind. Erläuterungen mit der Centrifugalmaschine. Kr."

§. 271. Wir können nun von den bisher vorgetragenen Gesetzen der Schwere die Anwendung machen auf Centralbewegungen (§. 101.), bey welchen die Schwere als Centripetalkraft wirkt, und so auch auf die wichtige Lehre von der Bewegung der Himmelskörper.

Vorerinnerung des Herausgebers der fünften Ausgabe.

„Der nicht deutlich ausgedruckte Unterschied der hier (Nr. 1—4.) folgenden Sätze von dem, was oben nach §. 101. von Centralbewegungen gelehrt worden, beruht auf dem §. 80. erklärten Unterschiede zwischen beschleunigender und bewegender Kraft. Wo in den Zusätzen nach §. 101. von Centralkraft die Rede ist, da ist immer beschleunigende Kraft gemeint. In den hier folgenden Zusätzen hingegen muß man unter eben dem Ausdrucke immer bewegende Kraft verstehen. Bey dem Satze Nr. 5. ist es einerley, ob man die eine oder die andere unter der Centralkraft versteht. F."

1) Wenn ein schwerer ruhender Körper von der Richtung der Schwere, die auch zur Zeit der Ruhe eben so gut in ihm wirksam ist, als zur Zeit der Bewegung, und seinen Druck hervorbringt, abgelenkt, und z. B. nach einer horizontalen Richtung geworfen oder gestoßen werden soll, so wird dazu Kraft erforderlich seyn, und der ruhende schwere Körper wird Widerstand leisten (§. 102.). Es ist leicht begreiflich, daß, wenn der schwere Körper noch einmal so viel Masse hat, als ein anderer, noch einmal so viel Kraft erforderlich seyn werde, um ihn mit eben der Geschwindigkeit in eben der Richtung zu werfen. Wenn nun zwey schwere Körper von ungleicher schwerer Masse in eine Centralbewegung gesetzt, und ihre Geschwindigkeit, so wie ihr Abstand vom Mittelpunkt der Kräfte, gleich angenommen werden: so wird die Centrifugalkraft in dem Körper von größerer schwerer Masse größer seyn, als in dem von kleinerer schwerer Masse; und es wird folglich eine größere Centripetalkraft erfordert, um die größere Masse in gleicher Bahn mit gleicher Geschwindigkeit und bey gleichem Abstande vom Centro zu erhalten.

Wenn wir die schweren Massen P, p, und die Centripetalkraft G, g nennen, so ist, alles gleichgesetzt,

$$G : g = P : p.$$

Es habe nehmlich der Körper A, von doppelt so viel schwerer Masse, als B, mit diesem bey gleichem Abstande vom Centro und bey gleicher Umlaufszeit eine Centralbewegung. Der Körper A ist = 2 B; in jedem von diesen angenommenen B aber ist die Centrifugalkraft gleich der in dem eigentlichen B. Folglich ist die Centrifugalkraft von A zu der in B wie das Gewicht oder die schwere Masse von A zu dem von B.

Wenn daher Wasser und Quecksilber in einer gegen den Horizont geneigten Röhre eingeschlossen sind, und im Kreise herum bewegt werden, so wird dabey das Quecksilber höher stehen, und weiter vom Centro entfernt seyn, als das Wasser.

Eben hieraus läßt sich auch erklären, warum bey dem Kornsiebe die schwerern Körner nach der Peripherie zu, die leichtere Spreu näher nach dem Mittelpunkte des Siebes gesammelt werden.

Muschenbroek §. 730. *Kraft* praelect. phys. I. §. 198.

2) Aus der Verbindung dieses Satzes mit dem oben bey der Centralbewegung S. 60. Nr. 16. angeführten folgt der allgemeinere für die Centralbewegung schwerer Körper: **Die bewegenden Centralkräfte sind in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der schweren Massen und der Entfernungen vom Mittelpunkte, und dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufszeiten.**

Wenn die Centralkräfte G, g, die schwere Masse P, p, die Abstände vom Mittelpunkte D, d, und die Umlaufszeiten T, t heißen, so ist

$$G:g=\frac{PD}{T^2}:\frac{pd}{t^2}.$$

(„Wenn G und g die bewegenden, Q und q die beschleunigenden Centralkräfte, P und p aber die Massen sind, so ist nach §. 101. Nr. 16. $Q:q=\frac{D}{T^2}:\frac{d}{t^2}$; aber nach §. 80. ist $Q=\frac{G}{P}:q=\frac{g}{p}$ welche Werthe statt Q und q gesetzt die obige Proportion geben F.")

Wenn also P=p, so ist $G:g\frac{D}{T^2}:\frac{d}{t^2}$, wie oben (Seite 55. Nr. 16.). und ferner $D:d=GT^2:gt^2$; und wenn G=g, und P=p, so ist die Geschwindigkeit oder $V:v=\sqrt{D}:\sqrt{d}=T:t$ (§. 101. Nr. 12.) und $V^2:v^2=D:d$. Ferner wenn P=p, und T=t, so ist G:g=D:d (s. oben S. 54. Nr. 15.); und wenn T=t, so ist G:g=PD:pd.

Wenn nun $G:g:=\frac{1}{D}:\frac{1}{d}$, so ist T:t=D:d und V=v; ferner, wenn T=t, und $P:p=\frac{1}{D}:\frac{1}{d}$, so ist G=g.

Endlich, wenn P=p, und D=d, so ist $G:g=\frac{1}{T^2}:\frac{1}{t^2}$.

Van Swinden I. S. 135 §. 562.

3) **Wenn die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte, und die schweren Massen gleich sind, so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen.**

Wenn also $P = p$, und $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$, so ist $G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

4) Wenn die schweren Massen ungleich sind, so sind, in dem eben angeführten Falle (5) die Centralkräfte im geraden Verhältnisse der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte.

Dieß folgt aus der Verbindung des zweyten und dritten Satzes; und ist diesemnach

$$G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}.$$

5) „Die Geschwindigkeit einer kreisförmigen Centralbewegung ist so groß, als die Geschwindigkeit, welche der Körper durch die nehmliche Centralkraft erhalten würde, wenn sie ihn mit gleichförmiger Beschleunigung durch den vierten Theil des Durchmessers triebe. K."

„Ein (Fig. 40.) in B befindlicher Körper beschreibe um A den Kreis BIHB. Man ziehe den Durchmesser BL, nehme F unendlich nahe bey B, und ziehe FK senkrecht auf AB: so ist BF der Weg, den der Körper in einer unendlich kleinen Zeit gleichförmig zurücklegt: BK aber ist der Weg, welchen derselbe in eben der Zeit, durch die bloße Centralkraft gleichförmig beschleunigt, zurücklegen würde, wenn er die Seitenbewegung BF nicht hätte. Nun halbire man AB in C, und stelle sich vor, daß die Centralkraft den Körper ohne alle Seitenbewegung, und zwar mit gleichförmiger Beschleunigung bis C fortführe, so wird er in C eine Geschwindigkeit haben, mit welcher er den doppelten Weg BC, also AB mit gleichförmiger Bewegung in eben der Zeit zurücklegen würde, in welcher er gleichförmig beschleunigt von B bis C gegangen ist (§. 77.) Die Zeit aber, in welcher er BK zurücklegt, würde sich zu der Zeit, in welcher er BC zurücklegt, verhalten, wie $\sqrt{BK} : \sqrt{BC}$ (§. 79.) K."

„BF war der Weg, den der Körper im Kreise gleichförmig macht in der Zeit, in welcher ihn die bloße Centralkraft von B bis K führen würde. Nun sey der Punkt I im Kreise so genommen, daß $BF : BI = \sqrt{BK} : \sqrt{BC}$, so wird BI der Weg seyn, den der Körper im Kreise in eben der Zeit gleichförmig zurücklegt, in welcher ihn die Centralkraft gleichförmig beschleunigt von B bis C führen würde. Durch diese letzte Bewegung erhielt der Körper, wie wir so eben gesehen haben, eine Geschwindigkeit, welche ihn in eben der Zeit gleichförmig durch AB führen würde. Nun verhalten sich aber bey gleichförmigen Bewegungen die Geschwindigkeiten, wie die in gleichen Zeiten gemachten Wege. Also verhält sich die Geschwindigkeit des gleichförmig beschleunigten Körpers in C zu der Geschwindigkeit des im Kreise gleichförmig bewegten Körpers wie AB : BI."

„Da BF unendlich klein ist, so ist es an der Sehne zwischen B und F nicht verschieden. Diese Sehne aber ist die mittlere Proportionale zwischen BK und BL. Da also $BK : BF = BF : BL$, so ist (nach bekannten Sätzen aus der Proportionslehre) $BK : BL = BF^2 : BL^2$. Es ist aber $BL = 4\ BC$, und $BL^2 = 4\ AB^2$; also $BK : BC = BF^2 : AB^2$; folglich $\sqrt{BK} : \sqrt{BC} = BF : AB$.

„Aber der Punkt I war so genommen, daß $\sqrt{BK}:\sqrt{BC} = BF:BI$."

„Folglich ist $BI = AB$; d. h. der Körper hat im Kreise eben die Geschwindigkeit, die er durch gleichförmige Beschleunigung von B bis C vermittelst der Centralkraft erhalten würde. F."

Huygens de vi centrifuga, in seinen operib. posth. S. 118. *Muschenbroek* §. 736.

Zusatz. „Wird also ein schwerer Körper an einem Faden kreisförmig geschwungen, mit einer so großen Geschwindigkeit als der Körper frey fallend durch den vierten Theil des Durchmessers erhalten würde: so ist dazu eine Centripetalkraft erforderlich, so groß als die Schwere. Durch die entgegengesetzte, aber eben so große Centrifugalkraft, welche durch die Bewegung entsteht, würde in diesem Falle der Faden gerade so stark gespannt werden, als ob der schwere Körper lothrecht am Faden hinge. F."

Es läßt sich hieraus erklären, warum aus einem mit Wasser gefüllten offenen Gefäße, wenn es vermittelst eines Stricks im verticalen Kreise mit einer gewissen Geschwindigkeit umhergeschwungen wird, nichts herausläuft, wenn gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith seines Kreislaufs gekommen ist, mit seiner Oeffnung senkrecht auf dem Horizonte steht.

Ferner läßt sich hieraus beweisen, daß ein Körper auf dem Aequator der Erde 17mal geschwinder bewegt werden müße, als die Erde um ihre Achse, wenn er eine Fliehkraft erhalten soll, die der Schwere gleich ist. Denn nach dem eben vorgetragenen Satze müßte die Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde so groß seyn, wie die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmesser $\left(\frac{R}{2}\right)$ der Erde gehörige Geschwindigkeit, wenn die Fliehkraft der Schwere gleich seyn sollte. Die zu dieser Höhe gehörige Geschwindigkeit aber ist (§. 225.) $250\sqrt{\frac{R}{2}} = 125\sqrt{2R}$. Nach Piccards Messung ist der Erdhalbmesser 19615791 paris. Fuß = 20302543 rheinl. Fuß. Da wir für R Tausendtheilchen des rheinl. Fußes nehmen müssen, so finden wir für $125\sqrt{2R} = 25188250$; oder die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmesser gehörige Geschwindigkeit ist so groß, daß der darin begriffene Körper 25188250 Tausendtheilchen des rheinländischen Fußes in jeder Secunde gleichförmig durchlaufen würde. Bey der Umdrehung der Erde um ihre Achse hingegen durchläuft jeder Punkt auf dem Aequator in einer Secunde 1426,5 paris. Fuß = 14276,427 rheinl. Fuß, oder 1476427 Tausendtheilchen des rheinl. Fußes: folglich ist die Geschwindigkeit, die zur Fallhöhe aus dem halben Radius der Erde gehört, zur Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde wie 25188250 : 1476427, oder fast wie 17 : 1.

6) Die schätzbarste und erhabenste Anwendung der Lehre von der Centralbewegung und Schwere ist die auf unser Planetensystem. Die Uebereinstimmung derselben mit den Phänomenen des letztern gewährt die völligste Ueberzeugung von der Richtigkeit und Wahrheit der Copernicanischen Weltordnung. Die Sonne steht im Centro unsers Pla-

nensystems: um sie bewegen sich die Hauptplaneten, mit ihren Trabanten oder Monden. Kepleri entdeckte nun, was die nachfolgenden Beobachtungen stets bestätigt haben: 1) daß die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne laufen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht; 2) daß die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius vector Flächenräume durchlaufen, die den Zeiten proportional sind (s. oben S. 51. Nr. 1.) *); und 3) daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten sich verhalten, wie die Würfel der mittleren Entfernung von der Sonne **). Die Beobachtungen lehren ferner, daß die Nebenplaneten oder Monde um ihre Hauptplaneten dieselbigen Gesetze befolgen, als die leztern um die Sonne; und endlich, daß sogar die Kometen in ihren sehr länglichen elliptischen Bahnen diesen Gesetzen unterworfen sind. Newton machte die erhabene Anwendung der Gesetze der Schwere auf die Bewegung der Himmelskörper. Er bewies, was die Vergleichung der Beobachtungen mit der Theorie völlig bestätigt: 1) daß die Planeten in ihren Bahnen durch eine Kraft zurückgehalten werden, die bey den Hauptplaneten gegen die Sonne, bey den Nebenplaneten gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie sich bewegen; 2) daß diese Centripetalkraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen von der Sonne sey, oder von dem Hauptplaneten, wenn von Nebenplaneten die Rede ist; 3) daß dieß auch von den Kometen gelte, die in sehr länglichen Ellipsen sich um die Sonne bewegen: und 4) daß die Kraft, die alle und jede Planeten und Kometen um die Sonne, und die, welche die Trabanten um ihre Hauptplaneten treibt, eine und dieselbe sey. Er bewies 5) daß die Kraft, die die Planeten in ihren Bahnen erhält, wie die Schwere, eine sich immer gleichbleibende beschleunigende Kraft sey, und zeigte zuerst an dem Monde, daß die Kraft, die ihn in seiner Bahn um die Erde erhält, die Schwerkraft gegen die Erde sey. Es sey (Fig. 14.) A der Mond, der um die Erde C getrieben wird, und der um dieselbe eine Centralbewegung hat. Die Centrifugalkraft sucht ihn beständig von seiner Bahn AGFE abzulenken: und die Centripetalkraft gegen C hält ihn stetig darin zurück. Der mittlere Abstand CA, oder der Halbmesser der Mondesbahn, beträgt etwa 60 Erdhalbmesser, wovon wir jeden nach Piccard auf 19615791 paris. Fuß setzen wollen. Die Umlaufszeit des Mondes um die Erde ist nahe 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten, oder 39343 Minuten. Er durchläuft also in einer Minute einen Bogen AB (Fig. 11.), der $\frac{360}{39343}$ Grade, oder nahe 33″ beträgt. Man weiß das Verhältniß der Centripetalkraft Aa zum Radius AC, wenn man das Verhältniß des Quersinus Aa des Bogens Ab von 33″ zum Radius hat. Dieses leztere ist = 12798 : 1000000000000. Dies ist also das Verhältniß der Centripetalkraft, die den Mond binnen einer Minute von der geradlinigen Bahn seiner Tangente ablenkt, zum Halbmesser seiner Bahn. Da nun der Mond etwa 60 Erdhalbmesser, oder 1176947460 paris. Fuß von dem Mittelpunkte der Erde absteht, so ist Aa, oder die Kraft, mit welcher der Mond gegen den Mittelpunkt der Erde binnen einer Minute zu strebt,

$$= \frac{12798 \cdot 1176947460}{1000000000000} = 15{,}052 \text{ paris. Fuß},$$ und folglich eben so viel, als ob ein schwerer Körper in A binnen einer Minute mit einer Beschleunigung von 15,052 Fuß fiele. Wenn sich nun die Schwerkraft

umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernungen, so muß die Schwerkraft des Mondes gegen die Erde, da er 60 Erdhalbmesser vom Centro der Erde absteht, 60^2mal geringer, oder $\frac{1}{3600}$ der Beschleunigung der Schwere an der Oberfläche seyn; und weil sich die von schweren Körpern bey dem Falle durchlaufenen Räume verhalten, wie die Quadrate der Zeiten, so muß $1:60^2 = 15{,}052:x$ die Wirkung der Schwere auf der Oberfläche der Erde binnen einer Minute seyn. x oder $60^2 \cdot 15{,}052$ F. kommt auch mit der aus andern Erfahrungen gefundenen Beschleunigung der Schwere an der Erdfläche so ziemlich und wenigstens so überein, als man es in solchen Fällen nur erwarten kann, zumal da das angeführte Maaß des Halbmessers der Mondbahn wirklich größer ist, als wir es hier angenommen haben, und der Mond nicht mit seiner ganzen Centripetalkraft gegen die Erde wirkt, sondern ein Theil davon durch die Wirkung gegen die Sonne aufgehoben wird. Es ist also die Gravitation unserer schweren Körper zu der Gravitation des Mondes gegen die Erde, wie $60^2:1$, oder wie das Quadrat der mittlern Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde zum Quadrate der Entfernung der Körper auf der Fläche der Erde von ihrem Mittelpunkte. Vergl. §. 223.

*) *Jo. Kepleri* Astronomia nova αἰτιολογητος, s. physica caelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Prag. 1609. Fol.

**) *Jo. Kepleri* epitome astronomiae Copernicanae, Lincii 1618. Harmoniae mundi libri V. Linc. 1619. Fol.

Hieraus zog nun Newton den Schluß: 1) daß die Centripetalkraft des Mondes eben so gegen die Erde wirkt, als die irdische Schwerkraft; 2) daß sie mit dieser einerley sey, und 3) daß die Schwere im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen stehe. Er machte weitere Anwendungen für die Planeten und ihre Trabanten, und stützte darauf das System der allgemeinen Schwere oder Gravitation, das seinen Namen unsterblich gemacht hat. 4) Daß die Kraft, die alle Planeten, sowohl die Haupt- als die Nebenplaneten, und dann auch die Kometen in ihren Bahnen erhält, einerley sey mit der Schwere und nach denselben Gesetzen wirke, als diese auf der Erde; und daß alle Planeten und Kometen gegen die Sonne, die Nebenplaneten aber gegen ihre Hauptplaneten und gegen die Sonne, nach eben denselben Gesetzen gravitirten, oder schwer wären, oder angezogen würden, als die irdischen Körper gegen die Erde.

Isaac Newton philosophiae naturalis principia mathematica. Londini 1687. 4.

La Lande astronomie. §. 999.

7) Newton blieb hierbey nicht stehen, sondern machte von seinen schätzbaren Erdeckungen noch weitere, sehr sinnreiche Anwendungen zur Bestimmung der beschleunigenden Kraft der Schwere auf der Oberfläche der Planeten, des Verhältnisses der schweren Masse derselben, und der Dichtigkeit dieser Masse, wovon ich hier nur kurz die Resultate anführen will.

Die Schwere (g) auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere (G) seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittlern Abstandes (D) dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers (R) des Hauptplaneten;

oder wie der Würfel des mittlern Abstandes des Trabanten, dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit (T) und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten.

$$g = \frac{GD^2}{R^2} \text{ oder } g = \frac{D^3}{T^2 R^2}.$$

Die Sonne kann hierbey für einen Hauptplaneten, die Hauptplaneten aber können für ihre Trabanten gehalten werden.

Muschenbroek §. 745. *Van Swinden* I. S. 154. §. 420.

8) Die schweren Massen der Planeten (P, p) verhalten sich, wie die Würfel der mittlern Entfernungen (D, d) von ihren Trabanten, dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Trabanten, oder

$$P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2}.$$

9) Aus der Anwendung dieses Satzes (8) auf den vorigen (7) folgt dann auch, daß die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhalte wie die schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, oder

$$g = \frac{P}{R^2}.$$

10) Endlich die Dichtigkeit (Δ) der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich, wie der Würfel der mittlern Entfernung seines Trabanten, dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten und den Würfel des Halbmessers des Planeten (R). Oder kürzer: sie verhält sich wie die Schwere auf der Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser.

$$\Delta = \frac{D^3}{T^2 . R^3}; \text{ oder } \Delta = \frac{g}{R}.$$

La Lande astronomie, §. 1018. 1022.

11) Außer den angeführten Bewegungen der Planeten und Kometen um ihre Sonne, und der Trabanten um ihre Hauptplaneten, sind noch als Folgen der allgemeinen Gravitation anerkannt und erwiesen: 1) die Ebbe und Fluth, wovon, als einem irdischen Phänomene, die weitere Erklärung noch vorkommen wird; 2) die Ungleichheit des Mondeslaufes; 3) das Vorrücken der Nachtgleichen; 4) das Wanken der Erdachse; 5) die Perturbationen des Laufes der Planeten; 6) der ungleiche Lauf der Kometen; 7) das Abnehmen der Schiefe der Ekliptik; 8) die Bewegung der Apsidenlinien aller Planeten; 9) die Bewegung aller Knotenlinien; 10) die Ungleichheiten des Laufes der Jupitersmonden, und 11) die Rotation des Ringes vom Saturn. Deren nähere Bestimmung und Erklärung aber gehört für die Astronomie. So ist also die Kenntniß des allgemeinen Gesetzes der Gravitation von dem ausgebreitetsten Nutzen, und im Grunde die Basis der neuern Astronomie.

La Lande astronomie. §. 999.

12) Durch die Umdrehung der Planeten um ihre Achse erhalten die Theile ihrer Masse eine Fliehkraft, deren Richtung auf der Achse der Um-

Umdrehung senkrecht ist, die daher unter dem Aequator am größten seyn, gegen die Pole zu abnehmen, und in diesen endlich ganz verschwinden muß. Diese Fliehkraft verhält sich unter dem Aequator der Erde zur Schwere daselbst, wie 1 : 289.

Es sey (Fig. 41.) Bb ein Bogen, der unter dem Aequator binnen einer Zeitsecunde durchlaufen wird, und welcher 15 Secunden beträgt. Der Halbmesser des Aequators TB, der nach Bouguer 19681717,5 paris. Fuß beträgt, verhält sich zu Cb, oder der Fliehkraft, wie der Radius von 100000000000 zum Quersinus des Bogens von 15 Secunden, der binnen einer Zeitsecunde durchlaufen wird, oder zu 2644.

Cb beträgt also $\frac{19681717{,}5 \, . \, 2644}{100000000000}$ Fuß = 0,052038 .. Fuß oder 7,496 Linien. Der Raum bd hingegen, der durch die Schwere binnen einer Secunde unter dem Aequator durchlaufen wird, ist nach der Berechnung von §. 264. aus der Pendellänge unter dem Aequator (§. 262.) 2167,414 Linien. Folglich verhält sich die Fliehkraft zur Schwere unter dem Aequator wie 7,496 Linien : 2167,414 Linien, oder wie 1 : 289.

Nach einer allgemeinen Regel bestimmt man die Fliehkraft unter dem Aequator eines Planeten nach folgender Formel. Die Fliehkraft (z) verhält sich zur Schwere (g) daselbst, wie der Cubus des Halbmessers (R) des Planeten, mit dem Quadrate der Umlaufszeit (T) seines Trabanten multiplicirt, zu dem Cubus der mittlern Entfernung des Trabanten (D) mit dem Quadrate der Umdrehungszeit (τ) des Planeten um seine Achse, oder $z : g = R^3 . T^2 : D^3 . \tau^2$.

Van Swinden I. S. 157. §. 431.

13) Diese Fliehkraft vermindert die Schwerkraft, und zwar am meisten unter dem Aequator, weil sie hier der Richtung der Schwere gerade entgegengesetzt ist; weniger in größern Breiten nach den Polen zu, weil sie hier schief der Schwerkraft entgegen wirkt, und also nur ein Theil von ihr der letztern direct entgegen ist. Dieser Theil ist desto kleiner, je mehr der Sinus des Complements der Breite kleiner ist, als der Sinus totus. Ueberhaupt ist die Verminderung, welche die Schwerkraft an verschiedenen Orten von der Fliehkraft erleidet, zu der, die sie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Cosinus der Breite des Orts zum Quadrate des Halbmessers der Erde.

La Lande astron. §. 459. Vergl. mit §. 261. a.

14) Weil die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, und an den Polen abgeplattet ist, so wird ein schwerer Körper unter dem Aequator, auch noch aus dieser Ursach, unabhängig von der Fliehkraft, wegen der größern Entfernung vom Mittelpunkte der Erde eine geringere Neigung haben, als gegen die Pole zu (6.) Die Länge des einfachen Secundenpendels wird daher, auch nach der Berichtigung wegen der Fliehkraft, unter dem Aequator kleiner seyn, als in den größern Breiten nach den Polen zu (§. 261.). Doch können auch noch andere Ursachen dazu beytragen.

„In neueren Zeiten hat man die Achsendrehung der Erde durch Versuche erwiesen. Schon Newton zeigte, daß fallende Körper, wenn sie von bedeutenden Höhen herabfallen, östlich von der senkrechten Linie abweichen müssen, weil sie schon, bevor sie fallen, eine größere

Schwinggeschwindigkeit nach Osten haben, als die nächstuntere Stelle; Benzenberg bestätigte dies durch Versuche, die er 1802 in dem Michaelisthurme zu Hamburg anstellte, und gab dadurch zugleich einen experimentellen Beweis für die Achsendrehung der Erde. Bestätigt wurden diese Versuche durch diejenigen, welche man 1804 in einem Kohlenschacht bey Schleebusch in der Grafschaft Mark anstellte. Minder entscheidend wie diese Versuche waren jene früheren, welche Guglielmini zu Bologna und Hook in England (letzterer nur bey einer Fallhöhe von ohngefähr 50 Fuß) anstellten; vergl. Gilbert's Ann. 1802. Kr."

„Bey der Achsendrehung der Erde hat jeder Punkt ihres Aequators eine Geschwindigkeit = 1428 paris. Fuß in einer Secunde —. Der Merkur durchläuft auf seiner Bahn um die Sonne, in einer Minute 667 französ. Meilen, die Venus 488, Erde 415, Mars 337, Jupiter 182, Saturn 134, Uranus 95, und der Mond beym Laufe um die Erde 14. Kr."

Viertes Hauptstück.

Phänomene schwerer fester Körper.

Schwerpunkt fester Körper.

§. 272.

Man nehme einen dünnen platten Körper von regelmäßiger Gestalt, und schiebe ihn auf einer Spitze hin und her, so wird man endlich einen Punkt finden, in welchem der Körper auf der Spitze ruhet, und durch dessen Unterstützung der Körper vor dem Fallen auf jeder Seite bewahrt wird.

§. 273. Dieser Punkt heißt der Schwerpunkt oder der Mittelpunkt der Schwere (Centrum gravitatis). Wenn drey schwere Punkte in gerader Linie neben einander durch Cohäsion mit einander verbunden sind, so sieht man leicht ein, daß die senkrechte Unterstützung des mittlern sie alle vor dem Falle sichern wird, wenn die Cohäsion der Punkte zur Seite des unterstützten durch ihr Gewicht nicht getrennt werden kann. Der schwere Punkt diesseits und

jenseits des unterstützten drückt gleich stark nach unten: es kann daher keiner eher sinken, als der andere; und durch die Cohäsion wird er verhindert, sich loszureißen vom unterstützten. Es bleibt daher das ganze System unterstützt. Ferner leidet die Unterstützung eben so viel Druck, als wenn auf sie ein Gewicht drückte, das der Summe des Gewichts aller schweren Theile gleich wäre. Es ist also eben so gut, als ob die Schwere aller einzelnen Theile oder das ganze Gewicht des Systems im unterstützten Punkte vereinigt wäre. Eben deßwegen nennt man ihn den Schwerpunkt. Es ist leicht einzusehen, daß das, was ich von drey in einer geraden Linie verbundenen schweren Punkten angeführt habe, auch von zweyen gilt, wenn sie in der Mitte der geraden Linie, die sie bilden, senkrecht unterstützt werden, und daß, wenn eine gewisse Anzahl schwerer Punkte des festen Körpers einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt haben, auch die um Eins größere Anzahl einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt haben werde, folglich auch bey vier, fünf, sechs und mehrern schweren Punkten derselbe angenommen werden kann. Kurz, in jedem festen Körper läßt sich ein Punkt annehmen, um welchen herum alle Körpertheilchen auf der einen Seite eben so stark drücken, als die auf der entgegengesetzten Seite; und dieser gemeinschaftliche Schwerpunkt liegt so, daß, wenn alle Körpertheilchen, die auf der einen Seite liegen, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist der Summe ähnlicher Producte für die Theilchen auf der andern Seite desselben.

§. 274. Wenn die schwere Masse eines Körpers durch seinen ganzen Raum gleichförmig verbreitet ist, so haben gleichgroße Theile desselben auch gleiches Gewicht, und der Mittelpunkt der Größe oder der Figur des Körpers wird dann auch sein Schwerpunkt seyn. Der Mittelpunkt einer solchen Kugel wird also ihr Schwerpunkt seyn; bey einem Cylinder und bey einem geraden Prisma wird er in der Mitte der Achse liegen. Sehr dünne Scheiben kann man

als schwere Ebenen betrachten, die es freylich im geometrischen Sinne nicht geben kann. In diesem Sinne kann man von dem Schwerpunkte eines Dreyecks, eines Kreises und dergl. reden. Wenn man aus zwey Winkeln eines Dreyecks auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinien gerade Linien zieht, so ist der Durchschnittspunkt dieser Linien der Schwerpunkt des Dreyecks; und wenn man aus irgend einem Winkel eines Dreyecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinie zieht, so liegt der Schwerpunkt in dieser Linie $\frac{2}{3}$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog (Fig. 27.) In einer Pyramide und in einem Kegel liegt der Schwerpunkt in der Achse, und zwar in der Entfernung von $\frac{3}{4}$ derselben von der Spitze; in einer Halbkugel $\frac{5}{8}$ in der Höhe der senkrechten Linie, aus dem Mittelpunkte der Grundfläche gezogen.

Karsten's Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Th. I. B. II. S. 49.

§. 275. Wenn ein gerader Cylinder, ein gerades Prisma, eine gerade Pyramide, ein gerader Kegel oder eine Halbkugel lothrecht stehen, so wird jeder Punkt der Grundfläche von dem Gewichte aller Theilchen gedrückt, die sich lothrecht darüber befinden; es ist also eben so viel, als wenn die Grundfläche selbst schwer und das Gewicht derselben durch den Raum dieser Fläche gleichförmig vertheilt wäre. Mithin werden auch diese Körper unterstützt seyn, wenn der Mittelpunkt ihrer Grundfläche lothrecht unterstützt ist.

Karsten's Anfangsgr. der Naturl. §. 59.

§. 276. Wenn der Schwerpunkt eines festen Körpers lothrecht unterstützt ist, so kann der Körper selbst nicht herabsinken, und der ganze Körper wird vor dem Falle geschützt. Wenn hingegen die Verticallinie, vom Schwerpunkte gezogen, außerhalb der Unterstützung liegt, so fällt der Körper, und zwar nach der Seite hin, wo der Schwerpunkt liegt. Es ist im ersten Falle gar nicht nöthig, daß der Schwerpunkt selbst unmittelbar gehalten werde, was in

vielen Fällen gar nicht einmal anginge, wie z. B. bey einer festen Kugel ihr Mittelpunkt, wenn er ihr Schwerpunkt ist, nicht unmittelbar unterstützt werden kann, weil die ihn allenthalben umgebende Masse derselben es hindert. Es braucht nur ein Punkt A oder B (Fig. 28.) unterstützt zu seyn, der in der Verticallinie AB liegt, welche durch den Schwerpunkt C in der Richtung der Schwere geht. In dieser Richtung wird der Schwerpunkt durch die Schwere gegen den Horizont zu sollicitirt; und eine Kraft, die dem Gewichte des Körpers in dieser Richtung vollkommen widersteht, wird das Fallen des Schwerpunktes, folglich des ganzen Körpers, verhüten. Diese Richtung ACB heißt die Directionslinie des Schwerpunktes, oder die mittlere Richtung der Gewichte aller schweren Theile des Körpers.

§. 277. Wenn ein schwerer Körper so aufgehängt wird (Fig. 28.), daß der Mittelpunkt der Bewegung mit dem Mittelpunkte der Schwere C übereinkommt, und der Körper sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht weichen kann, so wird er in jeder Lage ruhen; und es ist eben so gut, als ob alle übrigen Theile außerhalb des Aufhängungspunktes keine Schwere hätten.

§. 278. Wenn der unterstützte Punkt, an welchem der Körper hängt, höher liegt als der Schwerpunkt, und z. B. der Körper (Fig. 28.) in dem Punkte A unterstützt wird: so ist der Körper nur dann in Ruhe, wenn der Aufhängungspunkt A in einer geraden Linie mit der Directionslinie CB des Schwerpunktes C liegt. Der Körper kann in diesem Zustande des Gleichgewichts sich nicht um A drehen, ohne daß sein Schwerpunkt nicht stiege. Bey einer Abweichung, auch bey der geringsten, der geraden Linie AC von der verticalen Richtung, wird sich der Körper bewegen, und von selbst sich in die Lage zu versetzen streben, in welcher AC vertical, oder in der Directionslinie des Schwerpunktes CB ist. Der Schwerpunkt eines aufgehängten oder sonst

beweglichen Körpers sinkt also immer herab, und zwar so tief, als er kann. Er nimmt also unter allen möglichen Stellen jederzeit die niedrigste ein, die er erhalten kann, ohne vorher zu steigen.

Hierauf gründet sich auch die Methode, den Schwerpunkt mechanisch zu finden.

§. 279. Wenn B der unterstützte Punkt ist (Fig. 28.), und niedriger liegt, als der Schwerpunkt C, so kann kein beharrliches Gleichgewicht Statt finden, sondern es verursacht die geringste Abweichung der geraden Linie BC von der Directionslinie des Schwerpunktes, daß der Körper umfallen, und sich in eine andere Lage versetzen muß, worin die Directionslinie seines Schwerpunktes entweder senkrecht unterstützt ist, oder andere Ursachen sein Fallen verhindern.

Eine Kugel kann auf einer waagerechten Ebene in jeder Lage ruhig liegen, weil diese die Directionslinie des Schwerpunktes senkrecht unterstützt; die geringste Abweichung der Ebene von der horizontalen Lage macht, daß die Kugel darauf herabrollt.

Es ist zwar an sich möglich, daß ein Kegel auf einer Spitze ruhen kann, wenn seine Achse vollkommen lothrecht steht; aber die allerkleinste Abweichung von dieser lothrechten Richtung würde ihn zum Umfallen bringen.

Karsten's Anfangsgr. der Naturl. §. 42.

§. 280. Wenn die Directionslinie des Schwerpunktes innerhalb der unterstützten Grundfläche eines Körpers fällt, so kann der Körper nicht durch sein eigenes Gewicht umfallen. Wenn aber die Directionslinie außerhalb der unterstützten Grundfläche fällt, so fällt der Körper um, und zwar nach der Seite hin, wohin der Schwerpunkt liegt. Es ist im ersten Falle nicht nöthig, daß alle Punkte der Grundfläche unterstützt sind; sondern die unterstützten Punkte brauchen nur die Winkelpunkte einer ebenen geradlinigen Figur auszumachen, wenn man sie mit geraden Linien zusammenzieht, und die Verticallinie durch den Schwerpunkt oder die Directionslinie desselben muß eine Stelle der waagerechten Ebene treffen, die innerhalb der Gränzen jener Figur liegt.

Ein Tisch auf drey Füßen steht fest, und fester als einer auf vieren, weil jene allemal in einerley Ebene fallen, welches bey vieren nicht der Fall ist, wenn nicht der Boden völlig waagerecht ist, und alle Füße genau gleich lang sind.

§. 281. Aus der Anwendung der Theorie vom Schwerpunkte lassen sich verschiedene Phänomene und Versuche erklären. Dahin gehören:

1) Die Erscheinungen des chinesischen Purzelmannes.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 508.

2) Die Einrichtung und Wirkung eines Wegmessers oder Hodometers.

Sigaud de la Fond élémens de physique. T. II. §. 277.; dessen Anweisung zur Experimentalphys. §. 122. a.

3) Die Lampe des Cardanus.

Sigaud a. a. O. §. 76.

„Die Einrichtung des Seekompasses, der in Ringen hangenden Stangenlaternen, des schwimmenden Lichts zur Rettung der nächtlicher Weile über Bord gefallenen Menschen. Kr."

4) Die Stellung einiger Gebäude, die zu fallen scheinen, und doch sicher stehen, wie z. B. der Thürme zu Pisa und Bologna.

Casatus mechanica. L. B. 1684. 4. I. c. 9.

„Des schiefen Thurms zu Gellenhausen. Kr."

5) Der Mechanismus des Stehens, Gehens, Aufstehens und der verschiedenen Bewegungen bey Menschen und Thieren.

Petrus Borellus de motu animalium. Hagae 1743. 4. I. c. 18.—22.
Desaguliers course of experimental philosophy. II. §. 44.

Bey dem Menschen, wenn er auf beyden Füßen steht, geht die Directionslinie seines Schwerpunkts durch das Perinäum.

„Beym aufrecht stehenden Menschen liegt der Schwerpunkt ohngefähr in der Mitte des Unterleibes zwischen den Hüften. Bey dem eine Höhe ersteigenden Menschen, fällt er etwas weiter vorwärts, beym Herabsteigen hingegen rückwärts; beym Ausstrecken eines Armes liegt er etwas zur Seite. Beym Tragen einer Last rückt er mehr der Last zu, und der Mensch muß sich zurückbiegen, wenn die Last vorn, hingegen vorwärts, wenn sie auf dem Rücken getragen wird, damit die Richtungslinie des Schwerpunkts innerhalb der Unterstützungsfläche seiner Füße falle. Dickbauchige Leute gehen daher gerade. Das Gefühl für den Schwerpunkt ist jedem Gehenden anger

loren, aber durch Uebung sehr steigerungsfähig, z. B. bey den Seiltänzern. Wir ziehen die Kniee ein, in Gefolge dieses Gefühls, wenn wir ausgestreckt liegend aufstehen wollen. — Beym Gehen im Wasser rückt der Schwerpunkt (durch die weiter unten zu erläuternde Gewichtsverminderung des eintauchenden Theils) weiter nach oben zu, und der Gang wird in gleichem Verhältnisse unsicherer; ꝛc. Kr."

6) Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene.

Desaguliers a. a. O. II. §. 58. A. G. Kästner's Untersuchung des Cylinders, der sich eine schiefe Fläche hinaufzuwälzen scheint: im 1. B. der deutschen Schriften der Königl. Soc. d. W. zu Göttingen. S. 113.

7) Ein doppelter Kegel, der über zwey schiefen Flächen hinaufwärts zu rollen scheint.

Geo. Wolfg. Kraft explicatio experimenti paradoxi de adscensu coni duplicis in altum spontaneo, in den *comment. Petrop.* T. VI. S. 389.

8) Die Künste der Balançeurs und Aequilibristen.

Gehlers physikal. Wörterbuch, Th. III. S. 55.

9) Das Aufhängen eines Eimers voll Wasser an die Klinge eines Messers, das frey auf einem Tische liegt.

Sigaud a. a. O. §. 281.; dessen Anweisung zur Experimentalphys. §. 124.

10) Allerley andere Spielwerke, wie der kleine Seiltänzer von Holz, die kleinen Männchen von Kork unten mit Bley, die von selbst aufstehen, u. dergl.

Schwenters mathematische Erquickungsstunden, B. 1. Th. 9. Aufg. 5. 6. 7.

Gleichgewicht fester Körper.

§. 282. Eine gerade unbiegsame Linie AB (Fig. 43.), oder cB (Fig. 44.), ohne Schwere und in einem gewissen Punkte so unterstützt, daß sie sich zwar um denselben zu drehen, sonst aber nicht in Bewegung zu kommen vermag, und an der man sich zwey wirkende Kräfte vorstellen kann, heißt ein Hebel (Vectis), und zwar ein mathematischer geradliniger Hebel; sonst aber, wenn die Linie selbst schwer ist, ein physischer Hebel. Der unterstützte Punkt c heißt

der Ruhepunkt oder Bewegungspunkt (Centrum motus); das, was ihn unterstützt, wie f (Fig. 43.), die Unterlage (Fulcrum, Hypomochlium), die auch manchmal zur Ueberlage wird (Fig. 44.), oder auch als Zapfen anzusehen ist. Die Kräfte (*Potentiae*), die den Hebel in der entgegengesetzten Richtung zu drehen streben, heißen nach ihrer verschiedenen Bestimmung die Kraft (Vis), und die Last (Onus), die man sich auch als ziehende Gewichte vorstellen kann.

§. 283. Wenn der Ruhepunkt (Fig. 43.) am Hebel zwischen den beyden Punkten A und B, an welchen die Gewichte angebracht sind, oder zwischen der Kraft und der Last liegt, so heißt er ein Hebel der ersten Art, oder ein doppelarmiger Hebel (Vectis heterodromus); wenn aber die Stellen, woran die entgegengesetzten Kräfte angebracht sind, beyde an Einer Seite des Ruhepunkts liegen (wie Fig. 44 und 45.), so ist er ein Hebel der andern Art, oder ein einarmiger Hebel (Vectis homodromus). Bey dem erstern gehen die beyden Kräfte nach verschiedenen Seiten, wenn er sich bewegt; bey diesem gehen sie beyde nach einerley Seite. Es sind vom Hebel der andern Art zweyerley Gattungen: eine, wo die Last in der Mitte ist, zwischen dem Ruhepunkte und der Kraft; und eine, wo die Kraft zwischen dem Ruhepunkte und der Last liegt.

Beyspiele von physischen Hebeln der ersten Art geben die gemeinen Hebebäume, der Geisfuß der Maurer, die Krämerwaage, die Schnellwaage, Scheeren, Zangen.

Beyspiele von Hebeln zweyter Art, und zwar der ersten Gattung: die Ruder eines Schiffes, ein Schiebkarren; der zweyten Gattung: eine Schaufel, eine Sense, ein Arm des menschlichen Körpers, wenn er eine Last hebt.

§. 284. Gleiche Gewichte F und D (Fig. 43), die am doppelarmigen Hebel AB in gleichen Entfernungen vom Ruhepunkte c frey hängen, erhalten einander im Gleichgewichte (§. 83.). Ungleiche Gewichte hingegen in gleichen Entfernungen erhalten einander nicht im Gleichgewichte, das größere zieht das kleinere in die Höhe (§. 84.).

§. 285. Die Unterlage f (Fig. 43.) trägt bey dem doppelarmigen Hebel AB die Summe der Gewichte D und F, die an beyden Seiten ziehen, und im Gleichgewichte stehen. Wenn daher statt der Unterlage eine Kraft der Richtung der Schwere des Ruhepunktes entgegen zöge, so würde der Hebel ebenfalls unterstützt seyn, und es würde alles ruhen.

§. 286. Nimmt man in diesem letztern Falle (§. 285.) das Gewicht D an dem einen Arme des Hebels Ac weg, und befestigt dagegen diesen Punkt A, oder giebt ihm eine unbewegliche Ueberlage (Fig. 44.), so wird er ein einarmiger Hebel; aber er bleibt doch in Ruhe, obgleich die Kraft F an dem andern Ende B nur halb so groß ist, als die Kraft P, die ihn in der Mitte der entgegensetzten Richtung AK zieht. Die einfache Kraft F hält also bey der doppelten Entfernung Bc = 2 Ac der doppelten Kraft P bey der einfachen Entfernung Ac das Gleichgewicht. Auf eine ähnliche Art läßt sich dieses auch am doppelarmigen Hebel beweisen. Denn man könnte diesen einarmigen Hebel cAB jenseits der Ueberlage f um die Hälfte cA verlängern, die Ueberlage wieder zur Unterlage machen, wie Fig. 46., und das doppelte Gewicht P an das Ende G des verlängerten Arms aufhängen, das nun mit dem vorigen, nach der entgegengesetzten Richtung in A ziehenden, doppelten Gewichte im Gleichgewichte stehen würde. Da dieses aber mit dem einfachen F vorher (Fig. 44.) im Gleichgewichte war, so muß auch nun bey dem doppelarmigen Hebel (Fig. 46.) das einfache Gewicht F bey der doppelten Entfernung cB = 2 dem doppelten Gewichte P bey der einfachen Entfernung cG = 1 das Gleichgewicht halten.

Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel leitete Cartesius aus dem im folgenden 292. §. angeführten Satze her; Varignon aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (Nouvelle mécanique ou statique, à Paris. 2 Vol. 4.) Ich habe hier den von Hrn. Kästner gegebenen, weit evidentern Beweis kurz mitgetheilt. Die weitere Ausführung sehe man in dessen Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita, Lips. 1753. 4.

Die Anwendung des Grundsatzes des Archimedes auf beyde Arten von Hebel, den doppelarmigen sowohl als den einarmigen, sehe man in Observations of the fundamental property of the lever, with a proof of the principle assumed by *Archimedes* in his demonstration, by *S. Vince*; in den *phil. Transact.* 1794. P. I. S. 55. f.

§. 287. Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am mathematischen Hebel jeder Art heißt diesemnach: **Die senkrecht am Hebel wirkenden Kräfte sind im Gleichgewichte, wenn ihr Verhältniß in umgekehrter Ordnung einerley ist mit dem Verhältnisse ihrer Entfernungen vom Ruhepunkte**; oder: die Kraft ist vermögend, die Last zu erhalten, wenn sie sich dazu verhält, wie die Entfernung der Last vom Ruhepunkte zu der Entfernung der Kraft von demselben.

So ist also Fig. 46. F im Gleichgewichte mit P, wenn F : P = Gc : Bc, und Fig. 44. F im Gleichgewichte mit P, wenn F : P = Ac : Bc.

§. 288. Das Product, welches gefunden wird, wenn man die Last oder Kraft, oder überhaupt die Gewichte, mit ihrer Entfernung vom Ruhepunkte multiplicirt, heißt das **Moment der Last oder Kraft. Kraft und Last erhalten einander im Gleichgewichte am Hebel, wenn ihre Momente gleich sind.**

Wenn (Fig. 46.) F 2 Pf. und P 4 Pf., beträgt, so muß, wenn Gleichgewicht Statt finden soll (nach §. 286.), Bc : Gc = 4 : 2 seyn. Wenn wir nun diese Entfernungen vom Ruhepunkte Bc = 4 und Gc = 2 mit den in B und G applicirten Gewichten F und P multipliciren, so erhalten wir 2 . 4 = 4 . 2, also gleiche Momente. Weil nehmlich im Zustande des Gleichgewichts F : P = Gc : Bc, so ist auch F × Bc = P × Gc.

§. 289. Wenn die Richtungen der Kräfte am Hebel nicht senkrecht darauf wirken, wie wir bisher angenommen haben, sondern unter einem schiefen Winkel: so ist die aus dem Ruhepunkte auf die Richtungslinie gezogene Perpendikellinie für die Entfernung der Kräfte vom Ruhepunkte zu halten; und es ist Gleichgewicht da, wenn die Producte der Kräfte in diese Entfernungen, oder wenn die Momente gleich sind.

Es sey (Fig. 47.) AcB ein doppelarmiger Hebel, auf den die Kräfte R und P in den schiefen Richtungen AR und BP wirken. Hier sind die auf diese Richtungen aus dem Ruhepunkte gezogenen Perpendikel cD

und cE für die Entfernungen dieser Kräfte vom Ruhepunkte zu halten; und es ist Gleichgewicht da, wenn $R:P = Ec:Dc$, oder wenn $R \times Dc = P \times Ec$. Man kann sich nehmlich vorstellen, daß das rechtwinklige Dreyeck cDA um c gedreht werden könne; in diesem Falle wird die Kraft R, bey D an die Linie AD angebracht, mit dem Momente $R \times Dc$ wirken. Da sie nun das ganze Dreyeck cAD eben so stark mitdreht, wenn sie cD dreht, so muß sie es auch in Ansehung cA thun: folglich ist das Moment, womit sie auf cA wirkt, $= R \times cD$. Was von cA gilt, gilt auch von cB.

(„Einen strengern Beweis für die Gesetze des Gleichgewichts, wenn die Kräfte in schiefen Ebenen auf den Hebel wirken, sehe man in der oben bey §. 286. angeführten Dissertation von Kästner, p. X. ff.; deßgleichen die Statik in Kästners und Karstens Lehrbüchern. F.“)

§ 290. Einerley Potenzen, die an einerley Punkte des geradlinigen Hebels applicirt sind, aber unter verschiedenen Richtungen darauf wirken, müssen sich, wenn sie gleich stark darauf wirken sollen, umgekehrt wie die Sinus der Winkel verhalten, den ihre Richtungen mit dem Hebel machen.

Wenn also (Fig. 48.) an dem einarmigen Hebel cA zwey Kräfte R und P an einerley Punkte A angebracht sind, und unter den schiefen Richtungen AR und AP wirken: so kann nur dann Gleichgewicht erfolgen, wenn $R:P = cF:cR$, oder wenn $R \times cR = P \times cP$.

Wenn (Fig. 47.) die Kraft S senkrecht auf den Hebelsarm cB wirkt, und mit R im Gleichgewichte ist, so ist $S:P = cE:cB$, d. ist, wie der Sinus des Winkels cBP oder cBE zum Sinus totus.

§ 291. Eine Kraft am Hebel vermag also, bey übrigens gleichen Umständen, mehr, wenn sie senkrecht, als wenn sie schief darauf wirkt.

§. 292. Die Bogen, durch welche die Aufhängungspunkte der am Hebel im Gleichgewichte stehenden Gewichte bewegt werden können, verhalten sich wie ihre Entfernungen vom Ruhepunkte: es ist also einerley Kraft nöthig, ein einfaches Gewicht durch einen doppelten, dreyfachen, &c. Raum zu führen, als ein dopeltes, dreyfaches &c. Gewicht durch den einfachen Raum, oder die Geschwindigkeit des einfachen Gewichts ist zweymal, dreymal &c. größer, als die Geschwindigkeit des doppelten, dreyfachen &c. Gewichts. So viel man also durch weitere Entfernung der Kraft vom Ruhepunkte des Hebels an der Kraft er-

spart, so viel verliert man an der Geschwindigkeit der Last.

Gesetzt, an dem doppelarmigen Hebel AcB (Fig. 49.) sey in B eine Kraft applicirt, die viermal weiter vom Ruhepunkte c entfernt ist, als die Last in A von c, so wird sie zwar nur viermal kleiner zu seyn brauchen, als die Last in A, um ihr das Gleichgewicht zu halten; aber sie wird die Last in A auch nur durch den einfachen Raum Aa heben, während sie den vierfachen Raum Bb durchläuft. Denn Bb : Aa = cB : cA. Wenn in dem Punkte B das einfache Gewicht, und in dem Punkte A das vierfache Gewicht angebracht wäre, so würden sie im Gleichgewichte seyn, weil 4 . cA = 1 . cB. Aber bey der Bewegung des Hebels würde der Raum, den A durchläuft, zu dem, welchen B in eben der Zeit beschreibt, sich verhalten wie 1 : 4. Es wären also die Producte aus den Gewichten in ihre respectiven Geschwindigkeiten gleich; folglich wäre gleiche Größe der Bewegung da, und also Gleichgewicht. Hierauf eben beruht der Cartesische Satz vom Gleichgewicht der Kräfte am Hebel (§. 286. Anmerk.).

§. 293. Bey dem physischen Hebel, welches jeder wirkliche Hebel ist, kommt das Gewicht seiner Arme selbst in Betracht. Man kann ihn aber leicht auf einen mathematischen zurückbringen, wenn das Gewicht seiner Arme bekannt ist, das man nur im Schwerpunkte derselben vereinigt annehmen darf. Aus der Entfernung dieses Schwerpunktes vom Ruhepunkte kann man leicht berechnen, wie viel Gewicht am kürzern Arme nöthig sey, um das Gleichgewicht des Schwerpunktes vom längern Arme zu erhalten.

Bestätigung durch Versuche mit Leupold's Universalwaage. Auch läßt sich hieraus leicht erklären, warum bey einem auf einem scharfkantigen Tische freyliegenden Stocke eine ziemliche Last an das kurze hervorragende Ende des Stocks gehängt werden kann.

Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegungen der Gliedmaßen, und der durch sie zu überwältigenden Lasten vermittelst der Muskeln. *Petri Borelli* oben (§. 281 5.) angeführtes Werk; *Parent* Recherches de Mathematique et Physique, à Paris 1715, T. II. S. 651. ff. 662. ff. und 694. ff., und T. III. S. 555; ingleichem Gehler's physik. Wörterb. Th. III. S. 295 ff.

§. 294. Die Gesetze des geradlinigen Hebels lassen sich leicht auf den Winkelhebel oder gebrochenen Hebel (Vectis angularis), die Rolle oder Scheibe (Trochlea), den Flaschenzug (Polyspastus) und das Rad an der Welle (Axis in peritrochio) anwenden. Die nähere Bestimmung

und die weitere Ausführung der Lehre von denselben gehören aber eigentlich für ein Lehrbuch der angewandten Mathematik.

„Der Hebel und die schiefe Ebene sind die Elemente aller Maschinen. Sorgfältiger Berücksichtigung werth ist hiebei die Reibung, als Bewegung hindernde Gewalt, ohne deren Wirkung wir trevlich keine Anhöhe ohne Stufen würden ersteigen und von keiner schiefen Fläche, ohne abzugleiten, würden herab gehen können; und ohne welche der Keil und die Schraube unbrauchbar wären. — Geringe ist die Reibung bey der Waage, merklicher beym Rade an der Welle, wenn die Zapfen gehörig dünn sind, und steht dann im zusammengesetzten Verhältniß der Gewichte, der Geschwindigkeit der Maschine und des Durchmessers der Zapfen. Beträchtlich ist sie hingegen bey den Rollen, deren Achsen dick seyn müssen, deren Seiten sich an den Kloben reiben, und die zu dem noch die Steifigkeit der Seile oder Schnüre überwinden müssen. Dieses ist z. B. der Fall beym gewöhnlichen Flaschenzuge, wo man wegen der eben bemerkten Hindernisse, wenn sein unterer beweglicher Kloben fünf Rollen hat, mit 150 Pfund Kraftaufwand nur 500 Pfund in die Höhe zu heben im Stande seyn soll. Verbesserte englische Flaschenschenzüge. Nutzen der Frictionsräder. Desagulier's und Muschenbroeks Tribometers). Noch weit größer ist die Reibung bey der Schraube, wo sie fast die Hälfte der bewegenden Kraft, und noch beträchtlicher beym Keile, wo sie $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ und darüber derselben verzehrt. Viereckige Schraubengänge verzehren weniger als scharfkantige. Kr."

Stoß fester Körper.

§. 295. Wenn ein schwerer Körper auf einer horizontalen Tafel liegt, und darauf bey seiner Bewegung die Friction nicht in Anschlag gebracht wird, oder wenn er an einem Faden aufgehängt ist, so wird Kraft nöthig seyn, ihn in Bewegung zu setzen; das heißt, die zu seiner Bewegung angewandte Kraft wird eine Verminderung erleiden, und er wird Widerstand leisten, weil er von der Richtungslinie der Schwere stetig abgelenkt werden soll, wie bey der Wurfbewegung. Wir müssen hier nun noch die Gesetze, welche die solchergestalt durch den Stoß bewegten Körper befolgen, näher betrachten. Diese Gesetze werden durch besondere Eigenschaften der Körper, je nachdem sie entweder rigide, oder federhart, oder weich sind, modificirt. Nun giebt es zwar in der Natur keine bloß rigiden Körper, die nicht zugleich auch Federkraft hätten (§. 127.), und die

Gesetze des Stoßes der erstern können daher nur unvollkommen durch Erfahrung bestätigt werden; wir können uns aber doch hier bey der allgemeinen Betrachtung der Körper jene Eigenschaften als abgesondert vorstellen, um so allgemein mögliche Fälle zu erhalten, nach denen die wirklichen bestimmt werden.

§. 296. Der Stoß findet Statt auf eine dreyfache Art: 1) zwischen einem sich bewegenden und einem ruhenden Körper; 2) zwischen zwey Körpern, die sich nach einerley Richtung bewegen, der nachfolgende aber mit größerer Geschwindigkeit, als der vorangehende; 3) zwischen zwey Körpern, die sich nach entgegengesetzter Richtung bewegen.

§. 297. Da die Größe der Bewegung eines widerstehenden Körpers nicht allein von der Masse, sondern auch von der Geschwindigkeit desselben abhängt (§. 105.): so muß auch bey der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß auf beyde Rücksicht genommen werden, und ferner auch darauf, ob der Stoß gerade oder schief (§. 93.) geschieht. Wir betrachten hier nur den erstern.

§. 298. Bey dem geraden Stoße vollkommen rigider Körper finden folgende Gesetze Statt, die sich aus dem Vorhergehenden erklären lassen:

1) Wenn ein vollkommen harter unelastischer Körper auf einen andern vollkommen harten unelastischen, welcher fest und unbeweglich ist, stößt, so ruhen beyde nach dem Stoße.

2) Ist der ruhende auch beweglich, so theilt ihm der anstoßende so lange Bewegung mit, bis beyde eine gleiche Geschwindigkeit erlangt haben; und diese Geschwindigkeit beyder nach dem Stoße ist gleich der Größe der Bewegung des stoßenden Körpers, durch die Summe der schweren Massen oder der Gewichte dividirt.

Wenn wir die Gewichte oder die schweren Massen P, p, die Geschwindigkeiten vor dem Stoße C, c, und nach dem Stoße z nennen wollen, so ist $z = \frac{C.P}{P+p}$.

3) Wenn

3) Wenn sich beyde Körper nach einerley Richtung bewegen, so können sie nur dann auf einander wirken, wenn sich der vorangehende mit geringerer Geschwindigkeit bewegt. Dann wird nach dem Stoße die Geschwindigkeit des anstoßenden kleiner, und die des gestoßenen größer werden müssen: und die Geschwindigkeit beyder wird gleich seyn der Summe der Größen der Bewegungen vor dem Stoße, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

Es ist diesemnach $z = \frac{CP + cp}{P + p}$.

4) Wenn sich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, so müssen sie nach dem Stoße ruhen, wenn die Größen ihrer Bewegung gleich waren, d. h., wenn entweder die Geschwindigkeit bey gleich schweren Massen gleich war, oder die Producte der schweren Massen durch die Geschwindigkeiten bey beyden gleich waren.

5) Sind aber bey dieser entgegengesetzten Richtung die Größen der Bewegung in beyden ungleich, so gehen beyde Körper nach dem Stoße in der Richtung desjenigen Körpers fort, der die größere Bewegung hatte; und zwar muß die Geschwindigkeit beyder dann gleich seyn der Differenz der Größen der Bewegung beyder Körper vor dem Stoße, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

Es ist also $z = \frac{CP - cp}{P + p}$.

Bestätigung durch Versuche mit Thonkugeln, die an der Luft mäßig getrocknet worden sind.

Um diese Versuche mit Sicherheit und Bequemlichkeit anstellen zu können, hat man eigne Vorrichtungen, die unter dem Namen der Percussionsmaschine oder Stoßmaschine des Mariotte bekannt sind (De la percussion ou du choc des corps) in den *Oeuvres de Mariotte*, à la Haye 1740. T. I.) s'Gravesande (Physices elem. mathemat. L. I. c. 23.) und Nollet (Leçons de physique, T. I. Leç. 4. Sect. 5.) haben solche Maschinen umständlich beschrieben.

Wenn man die sich stoßenden Kugeln in Bogen, wie Pendel, fallen läßt, so verhalten sich die Geschwindigkeiten an der untersten

Stelle nur dann nahe wie die Bogen selbst, wenn diese sehr klein sind. Bey größern Bogen hingegen kann man die Geschwindigkeiten keinesweges durch die Bogen selbst messen; sondern jene verhalten sich, wie die Quadratwurzeln aus den senkrechten Fallhöhen (§. 215. 3.), und daher, aus geometrischen Gründen, wie die Sehnen der Bogen.

Zur Entwickelung der Theorie dieser Gesetze des centralen Stoßes harter oder rigider Körper müssen wir auf die Gesetze der reinen Bewegungslehre zurückgehen.

I) Gesetzt, der gestoßene Körper ist nach dem zweyten Falle ruhend und beweglich, so wird der stoßende auf den ruhenden als auf einen Widerstand wirken, und von seiner Größe der Bewegung so viel verlieren müssen, als der Widerstand des ruhenden beträgt. Er wird also genau den Theil seiner Kraft verlieren, der erforderlich ist, den ruhenden nach dem Stoße mit der Geschwindigkeit zu bewegen, mit der er selbst nach dem Stoße noch seine Bewegung fortsetzt. Es ist nehmlich klar, daß dieselbige Kraft, die die einfache widerstehende Masse mit der einfachen Geschwindigkeit bewegt, die doppelte Masse mit der Hälfte, und die dreyfache Masse mit dem dritten Theile dieser einfachen Geschwindigkeit bewegen werde, und überhaupt mit einer Geschwindigkeit, die der zu bewegenden Masse umgekehrt proportional ist. Bey dem Zusammentreffen der stoßenden Masse und der ruhenden gestoßenen machen nun beyde zusammen eine vergrößerte widerstehende Masse aus, die nicht mehr von der vorigen Kraft mit derselben Geschwindigkeit bewegt werden kann. Nun ist beym Zusammentreffen keine andere Kraft da, als die der stoßenden Masse inhärirt: folglich wird die Geschwindigkeit der stoßenden Masse vor dem Stoße zur gemeinschaftlichen Geschwindigkeit beyder Massen nach dem Stoße sich umgekehrt verhalten, wie die Summe der Massen zu der stoßenden Masse. Wenn also die stoßende Masse P, die ruhende p, und die Geschwindigkeit der stoßenden C heißt, so ist

$$z : C = P : P + p, \text{ folglich } z = \frac{PC}{P + p}, \text{ wie nach (2).}$$

Ist $P = p$, so wird $z = \frac{1}{2} C$.

Wenn man die einzelnen beweglichen Massen mit der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit nach dem Stoße, oder mit z, multiplicirt, so wird die Größe der Bewegung beyder zusammen so seyn, wie die Größe der Bewegung vor dem Stoße war, also ungeändert. Denn

$$z \cdot P + z \cdot p = \frac{PC}{P + p} \cdot P + \frac{PC}{P + p} \cdot p = PC.$$

II) Ist die ruhende Masse unbeweglich, so ist sie als unendlich groß gegen die stoßende anzusehen, und die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße wird als unendlich klein verschwinden; sie werden also beyde nach dem Stoße ruhen (1).

III) Wenn die Masse p nicht ruhend, sondern auch in Bewegung ist, und zwar mit einer Geschwindigkeit c, in einerley Richtung, wie P: so kann natürlicher Weise kein Stoß geschehen, wenn $c = C$, welcher nur geschehen kann, wenn p mit der kleinen Geschwindigkeit c vorangeht, und P mit der größern Geschwindigkeit C nachfolgt. P kann aber in diesem Falle nicht mit seinem ganzen C, sondern nur

mit dem Ueberschusse seiner Geschwindigkeit, oder mit C—c, wirken. Zu der gemeinschaftlichen Größe der Bewegung, die beyde Massen haben, wird also noch der Ueberschuß der Größe der Bewegung [(C—c) P] der größern hinzukommen und unter beyde Massen gleichförmig vertheilt werden. Es ist also nach dem Stoße

$$z = \frac{(C-c)P + Pc + pc}{P+p} = \frac{PC - Pc + Pc + pc}{P+p} = \frac{PC + pc}{P+p},$$ wie angegeben ist (3).

Die Geschwindigkeit, welche p gewinnt, ist

$$= \frac{CP + cp}{P+p} - c = \frac{CP - cP}{P+p},$$ und die Geschwindigkeit, welche P verliert, ist $= C - \frac{CP + cp}{P+p} = \frac{CP - cp}{P+p}$.

Die Größe der Bewegung beyder nach dem Stoße ist wie die Summe der einzelnen Größen der Bewegung vor dem Stoße. Denn

$$zP + zp = \frac{PC + pc}{P+p} P + \frac{PC + pc}{P+p} p = PC + pc.$$

IV) Wenn beyde bewegliche Körper in entgegengesetzter Richtung mit gleichen Kräften, d. i., mit gleicher Größe der Bewegung, an einander stoßen, wenn nehmlich $PC = pc$, oder $P : p = c : C$; so kann keine Bewegung erfolgen, sondern beyde Bewegungen müssen nach dem Gesetze des 85. §. sich wechselseitig aufheben (4).

V) Wenn aber bey dieser entgegengesetzten Richtung PC und pc ungleich sind, so muß das Gesetz des 84 §. eintreten. Es sey nehmlich $PC > pc$, so wird es einen gewissen Theil x der Geschwindigkeit C geben, der mit P multiplicirt eine Größe der Bewegung $Px = pc$ macht. Beyde würden sich gegen einander aufheben, und also Ruhe hervorbringen, wenn die Körper mit den Kräften Px und pc gegen einander direct stießen. Es ist nun noch ein Theil d von der Geschwindigkeit übrig, oder $d = C - x$, der die Größe der Bewegung Pd hervorbringt; die sich dann unter die beweglichen Massen P und p vertheilt und sie in Bewegung nach der Richtung von C versetzt. Die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße, oder z, ist also $= \frac{Pd}{P+p}$. Weil nun $Px = pc$, so ist auch $P : p = c : x$, und also $x = \frac{pc}{P}$. Da nun $d = C - x$, so ist auch $d = C - \frac{pc}{P}$ $= \frac{PC - pc}{P}$. Wenn wir nun diesen Werth von d in der ersten Formel dafür substituiren, so ist $z = \frac{PPC - Ppc}{PP + Pp} = \frac{PC - pc}{P+p}$ (5).

Die Größe der Bewegung nach dem Stoße ist $= PC - pc$, wie man leicht finden wird, und also gleich der Differenz der Größen

der Bewegung vor dem Stoße. Wenn man aber die Größen der Bewegung nach einerley Richtung, nehmlich nach der Richtung der größern Kraft nimmt: so ist die schwächere in Ansehung dieser stärkern negativ, und dann ist die Bewegung vor und nach dem Stoße für gleich zu achten.

§. 299. Beym geraden Stoße federharter (§. 126.) oder sogenannter elastischer Körper kommt noch in Betracht, daß von einer äußern auf sie wirkenden Kraft ihre Theile zusammengedrückt werden, aber auch mit eben der Kraft zugleich zurückwirken, und also dadurch Veränderungen in der Bewegung hervorbringen. Aus den Kräften des Stoßes und der Zurückwirkung federharter Körper (deren Federkraft wir hier gleich stark annehmen) entspringen folgende Gesetze.

1) Wenn ein elastischer Körper an einen andern gleich elastischen ruhenden und unbeweglichen anstößt, so springt er mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück.

2) Wenn der ruhende Körper beweglich und von gleichem Gewichte ist, so bekommt er die ganze Geschwindigkeit des stoßenden, und dieser ruht dagegen.

3) Wenn hingegen der ruhende bewegliche Körper von ungleichem Gewichte ist mit dem bewegten, so ist die neue Geschwindigkeit des anstoßenden zur vorigen wie die Differenz der Gewichte zu ihrer Summe, und die Geschwindigkeit des angestoßenen wie das doppelte Gewicht des anstoßenden zu beyden Gewichten.

4) Wenn sich zwey elastische Körper von gleichem Gewichte nach einerley Richtung bewegen, und zwar wie §. 298. Nr. 3., so werden sie beyde nach dem Stoße zwar nach einerley Richtung zu gehen fortfahren, aber mit verwechselten Geschwindigkeiten.

5) Wenn sich beyde Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, und die Größe ihrer Bewegung gleich groß ist, so werden sie mit eben der Geschwindigkeit von einander zurückspringen, mit der sie gegen einander liefen.

6) Ist aber bey diesem Falle die Geschwindigkeit ungleich, das Gewicht aber gleich, so verwechseln sie nach dem Stoße ihre Geschwindigkeiten beym Zurückspringen.

Bestätigung durch Versuche mit elfenbeinernen Kugeln.

I) Zur Entwickelung der Theorie wollen wir erst den Fall (2) setzen. Der stoßende Körper würde dem ruhenden die Hälfte seiner Geschwindigkeit ertheilen, wenn sie beyde bloß hart und von gleichem Gewichte wären, wie vorhin erwiesen ist. Da sie beyde elastisch sind, so erleiden sie einen Eindruck, der in dem gestoßenen demjenigen Theile der Größe der Bewegung oder der Gewalt des stoßenden proportional war, den dieser zur Ueberwältigung des ruhenden anwenden mußte. Dieß war die Hälfte der Größe seiner Bewegung oder seiner Geschwindigkeit, weil wir gleiche Gewichte oder schwere Massen annehmen. Nach Vollendung des Stoßes stellt sich nun dieser Eindruck wieder her, und zwar mit eben der Kraft, mit der er veranlaßt wurde. Da aber der stoßende in der Richtung widersteht, in welcher sich der Eindruck des gestoßenen wieder herstellen will, so verliert dadurch der stoßende noch die andere Hälfte der Geschwindigkeit, die er übrig behalten würde, wenn beyde Körper bloß hart wären, und wird also ruhend; oder der stoßende verliert doppelt so viel Größe der Bewegung, als er verloren haben würde, wenn beyde Körper bloß hart gewesen wären. Der stoßende erleidet auch einen Eindruck, der dem Widerstande des gestoßenen und also dem Eindrucke proportional war, welchen dieser erlitt, also auch gleich der Hälfte der Gewalt, mit der er den ruhenden bewegte. Mit eben dieser Gewalt stellt sich der Eindruck wieder her, und ertheilt dadurch dem ruhenden noch einmal so viel Geschwindigkeit. Der ruhende erlangt also doppelt so viel Größe der Bewegung, als er erlangt haben würde, wenn beyde Körper bloß hart, aber nicht elastisch gewesen wären.

II) Hieraus können wir nun allgemeinere Bestimmungen festsetzen. Es heiße das Gewicht des stoßenden elastischen Körpers P, seine Geschwindigkeit C, und das Gewicht des elastischen ruhenden p. Die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße, oder Z, würde $\frac{PC}{P+p}$ seyn, wenn beyde Körper nicht federhart wären (§. 298. 2.); die Größe seiner Bewegung wäre dann $\frac{PPC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße, oder von $PC = \frac{PC}{P+p}P + \frac{pC}{P+p}P$ (§. 298. Anm.), abziehen, so bleibt $\frac{PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung, die er durch den Widerstand des ruhenden verlor. Da er aber, weil er und der ruhende elastisch sind, durch die Reaction, wie vorhin gezeigt wurde (I), doppelt so viel Größe der Bewegung verliert, so ist die verlorne Größe der Be-

wegung $\frac{2PpC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC}{P+p} + \frac{PpC}{P+p}$ abziehen, so bleibt $\frac{PPC - PpC}{P+p}$ als die Größe der Bewegung des stoßenden elastischen Körpers nach dem Stoße, und es ist seine Geschwindigkeit, oder Z, $= \frac{PC - pC}{P+p} = \frac{(P-p)C}{P+p}$. Es verhält sich also $Z : C = P - p : P + p$; oder: die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße ist zur Geschwindigkeit desselben vor dem Stoße wie die Differenz der Massen zu ihrer Summe (3).

Die Geschwindigkeit des ruhenden p nach dem Stoße wäre auch $= \frac{PC}{P+p}$, wenn beyde Körper unelastisch und bloß hart wären, und seine Größe der Bewegung $\frac{pPC}{P+p}$ (§. 298. Anm.): da er aber elastisch ist, so wird durch die Reaction die Größe der Bewegung desselben nach dem Stoße $= \frac{2pPC}{P+p}$, und folglich die Geschwindigkeit $z = \frac{2PC}{P+p}$. Es ist also $z : C = 2P : P + p$; oder: die Geschwindigkeit des gestoßenen ist zur Geschwindigkeit des stoßenden, wie das doppelte Gewicht des stoßenden zur Summe der Gewichte beyder (3).

III) Ist $P = p$, so ist Z oder $\frac{PC - pC}{P+p} = 0$, und z oder $\frac{2PC}{P+p} = C$; oder der stoßende ruhet nach dem Stoße, und der gestoßene bekommt die ganze Geschwindigkeit des stoßenden (2).

IV) Wenn $P > p$, so ist $Z = \frac{PC - pC}{P+p}$ eine positive Größe; wenn aber $P < p$, so wird Z negativ. z oder $\frac{2PC}{P+p}$ ist aber immer positiv. Wenn also der stoßende weniger Gewicht hat als der ruhende, so springt er nach dem Stoße vom letztern mit der Geschwindigkeit Z zurück; der gestoßene aber wird nach der Richtung des stoßenden bewegt.

V) Wenn die Masse des ruhenden p fest und unbeweglich ist, so ist sie gegen den stoßenden P als unendlich groß anzusehen; in diesem Falle verwandelt sich die Geschwindigkeit Z des stoßenden nach dem

Stoße, oder $\frac{PC - pc}{P + p}$, in $\frac{PC - \infty C}{P + \infty} = -C$, oder der st
wird mit derselben Geschwindigkeit reflectirt, mit der er anstie
Die Geschwindigkeit der unendlich großen gestoßenen Masse nach

Stoße wäre $\frac{2PC}{P + \infty}$, oder unendlich klein, oder für nicht

nehmen.

VI) Wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit c vorangeht und P
mit der größern Geschwindigkeit C nach, so wird der Stoß nu
C—c geschehen können (§. 298. Anm. III.). Wenn die Körper
elastisch wären, so würde p durch den bloßen Stoß allein zur G

der Bewegung $\frac{Pp(C - c)}{P + p}$ erhalten; wegen der Reaction durch

sticität erhält p aber $\frac{2Pp(C - c)}{P + p}$, die zu seiner eignen Größe

Bewegung pc noch hinzukommt. Daher ist die ganze G

der Bewegung von p nach dem Stoße $\frac{2Pp(C - c)}{P + p}$ +

$= \frac{2PpC - 2Ppc + Ppc + ppc}{P + p} = \frac{2PpC - Ppc + ppc}{P + p}$, und

ne Geschwindigkeit $z = \frac{2PC - Pc + pc}{P + p}$. Der elastische Kö

P verliert von der Größe seiner Bewegung $\frac{2Pp(C - c)}{P + p}$ (I.

II.); wenn wir dieß von seiner Größe der Bewegung vor dem S

$PC = \frac{PPC + PpC}{P + p}$ abziehen, so bleibt zur Größe der Beweg

nach dem Stoße $\frac{PPC + PpC - 2PpC + 2Ppc}{P + p} = \frac{PPC - PpC + 2P}{P + p}$

Dieses stoßenden P Geschwindigkeit Z aber ist $\frac{PC - pC + 2p}{P + p}$

$= \frac{(P - p)C + 2pc}{P + p}$. Wenn nun P=p ist (4), so wird in

angeführten Formeln, die den Werth von Z und z ausdruc
P+p=2P, P—p=0: daher wird die erste Formel von z verw
delt in C, und die von Z in c; das heißt, die gleichen Gewichte
wechseln nach dem Stoße ihre respectiven Geschwindigkeiten (4).

VII) Wenn P und p in entgegengesetzter Richtung mit den Geschw
digkeiten C und c an einander stoßen, so werden die vorigen Form
(VI) auch hier ihre Anwendung finden, nur daß c dem C entgeg

gesetzt, und also in Rücksicht desselben negativ genommen werden muß. Die Geschwindigkeit von p nach dem Stoße, oder z, verwandelt sich also in $\frac{2PC + Pc - pc}{P + p} = \frac{2PC + (P - p)\,c}{P + p}$, und zwar nach der Richtung, in welcher P vor dem Stoße bewegt wurde; und die von P, oder Z, in $\frac{(P - p)\,C - 2pc}{P + p}$, und zwar in der Richtung von C.

Wenn nun hierbey $PC = pc$, so ist $z = c$ in der Richtung von C, und $Z = -C$; oder die Körper springen mit eben der Geschwindigkeit zurück mit der sie anstießen (5).

Wenn $P = p$, so ist $z = C$ in der Richtung von C, und $Z = -c$; sie verwechseln folglich nach dem Stoße ihre Geschwindigkeiten in entgegensetzter Richtung (6).

Wenn $(P - p)\,C = 2pc$, so wird, wie die Formel leicht giebt, $Z = 0$; folglich bleibt P nach dem Stoße in Ruhe und z wird $C + c$, in der Richtung von C, oder springt mit der Geschwindigkeit $C + c$ zurück.

Wenn endlich $(P - p)\,C > 2pc$, so bleibt, wie man leicht sieht, Z positiv, oder der Körper P geht mit der Geschwindigkeit Z in der Richtung seiner vorigen Geschwindigkeit C fort.

In allen Fällen bey dem Stoße elastischer Körper bleiben die Summen der respectiven Größen vor und nach dem Stoße gleich.

Man sehe *Car. Scherffer* institutiones physicae, P. I. Vindob. 1764. 8. S. 156ff., dem ich hierbey in den Erklärungen ganz gefolgt bin.

§. 300. Bey weichen Körpern finden dieselben Gesetze des Stoßes Statt, als bey harten, nur daß sie zugleich ihre Figur ändern, welches bey harten Körpern der Fall nicht ist, und daß die Veränderung der Bewegung in eine andere, oder in Ruhe, nicht plötzlich, sondern erst nach und nach geschieht.

§. 301. Wenn ein Körper einen andern nicht unmittelbar anstößt, sondern durch einen oder mehrere andere dazwischenliegende Körper von einerley Beschaffenheit, so kann man jeden dazwischenliegenden als einen stoßenden und gestoßenen Körper ansehen, und hieraus die erfolgte Wirkung leicht beurtheilen. So pflanzt sich der Stoß durch eine Reihe gleich elastischer Kugeln bis zu der äußersten fort: und läßt man mehrere dergleichen elastische Kugeln von einerley Gewicht eine andere von gleichem Gewichte ansto-

sen, so wird die letzte von allen nach §. 299. Nr. 2. mit der Geschwindigkeit abspringen, welche erstere hatte, und diese wird ruhen; läßt man zwey anstoßen, so werden die zwey letztern abspringen, rc.

„Es darf hierbey nicht übersehen werden, daß die Kugeln sich nicht durchaus berühren, und daß, wenn zwey, drey rc. fallen gelassene Kugeln nach der entgegengesetzten Seite wiederum zwey, drey rc. abprallen machen, die ersteren aufstoßenden Kugeln (schnell) nach einander wirken. Indem nehmlich z. B. die zweyte der aufgehobenen Kugeln beym Anstoßen die dritte berührt, bewirkt sie das Abspringen der letzten, an der entgegengesetzten Seite. Aber unmittelbar darauf erfolgt der Stoß der ersten Kugel, und die Fortpflanzung dieses Stoßes durch die Kugelreihe bewirkt das Abstoßen der vorletzten Kugel. K."

§. 302. Ist die Reihe der elastischen Kugeln so beschaffen, daß die folgende Kugel immer halb so schwer ist, als die zunächst vorhergehende, und die erste mit einer Geschwindigkeit $= C$ anstößt: so erhält, wie sich nach §. 299. Nr. 3. leicht berechnen läßt, die zweyte die Geschwindigkeit $= \frac{4}{3} C$ die dritte die Geschwindigkeit von $\frac{4}{3}$ mal $\frac{4}{3} C \; (\frac{4}{3})^2 C$, und so fort, so daß z. B. die hundertste eine Geschwindigkeit von $(\frac{4}{3})^{99} . C$ erhalten würde, die also mehr als 2 Billionenmal größer seyn würde, als die Geschwindigkeit C der ersten stoßenden Kugel. Es versteht sich, daß hierbey in dem ganzen Systeme der stoßenden Kugeln der Stoß immer als gerade angenommen wird.

Es ist Log. $(\frac{4}{3})^{99} = 99 . \text{Log.} \frac{4}{3}$. Man nehme also.

$$\begin{aligned} \text{Log. } 4 &= 0{,}602059991 \\ \text{Log. } 3 &= 0{,}477121254 \\ \hline \text{Log. } \tfrac{4}{3} &= 0{,}124938737. \end{aligned}$$

Nimmt man nun $(100 - 1) . \text{Log.} \frac{4}{3}$, so erhält man bequem $99 . \text{Log.} \frac{4}{3}$; nehmlich:

$$\begin{aligned} &12{,}4938737 \\ &0{,}1249387 \\ \hline \text{Log. } (\tfrac{4}{3})^{99} &= 12{,}3689350. \end{aligned}$$

Die Zahl, welcher dieser Logarithme zugehört, fällt zwischen 2338500000000 und 2338600000000.

Grundlehren der angew. Mathem., von Joh. Heinr. Voigt. Jena 1794. §. 90.

„Vergl. auch Huygen's Opp. posthum. in seinem Werke de motu corporum ex percussione. — Wenn hiernach in einer Reihe von 100 Kugeln, deren Massen sich wie 1 : 2 : 4 : 8 : 16 ... verhielten, die größte mit einer Geschwindigkeit gleich einem Fuß in einer Secunde die nächstgrößte anstieße, so würde die hundertste abgesehen vom Widerstande der Luft, mit einer Geschwindigkeit von mehreren Mil-

lionen Meilen in einer Secunde fortschnellen, und hiernach den Weg von der Erde zur Sonne (zu dessen Zurücklegung das Licht 8½ Minute verbraucht) innerhalb zwey Secunden fünfmal hin und her machen können. rc."

§. 303. Wenn ein elastischer Körper auf einen andern harten unbeweglichen senkrecht stößt, so wird er mit eben der Geschwindigkeit reflectirt, mit welcher er anstieß, und zwar, wie leicht einzusehen ist, in der entgegengesetzten Richtung. Eben dieß erfolgt, wenn der ruhende unbewegliche Körper elastisch ist, und ein harter unelastischer auf ihn stößt. Der letztere wird natürlicher Weise ebenfalls mit gleicher Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung zurückgeworfen werden.

Ein Ball springt von der Mauer ab; eine elfenbeinerne Kugel von dem Steine; aber auch eine nicht-elastische Kugel von einer gespannten Saite.

§. 304. Wenn ein elastischer Körper auf einen harten ruhenden unbeweglichen, oder auch umgekehrt ein harter auf einen ruhenden unbeweglichen elastischen Körper in schiefer Richtung aufstößt, so wird er wieder in der entgegengesetzten schiefen Richtung zurückgeworfen, und der Reflectionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.

Es sey (Fig. 42.) AB eine harte unbewegliche Fläche, gegen welche ein elastischer Körper in der schiefen Direction CD in D anstößt. Die Bewegung des anstoßenden Körpers kann angesehen werden, als ob sie aus der Zusammensetzung der Kräfte CA und CE entspränge. Da nun jede Wirkung nur nach der Perpendicularlinie erfolgt (§. 95.), so wird, wenn C in D angelangt ist, nur die Kraft GA = ED wirksam seyn können, und nach der entgegengesetzten Richtung dieser Kraft wird der elastische Körper durch den vollkommenen Widerstand der Fläche in D einen Eindruck erleiden. Dieser Eindruck stellt sich mit eben der Gewalt wieder her, womit er veranlaßt wurde, so bald der Stoß geschehen ist. Folglich würde der Körper von D nach E wieder zurückgeschnellt werden: aber die Kraft CE = DB ist noch ungeschwächt, ist noch nicht verwendet, weil sie keinen Widerstand fand, da sie parallel mit der Fläche ging. Der Körper wird also, wenn die Wirkung des Stoßes in D vollendet ist, wieder durch zwey Kräfte getrieben, nehmlich durch DE und DB, und durchläuft also die Diagonale DF des Parallelogramms DEFB.

Der Winkel CDE heißt der Einfallswinkel (Angulus incidentiae), der Winkel EDF der Zurückprallungs- oder Reflexionswinkel (Angulus reflexionis). Beyde Winkel sind sich gleich, weil in beyden Dreyecken CED und EDF die Seiten CE und ED den Seiten FE und ED

gleich sind, und der rechte Winkel CED = FED: folglich sind die Dreyecke gleich, und also der Winkel CDE = EDF.

Beyspiele liefert das Abspringen der auf das Wasser sehr schief geworfenen Steine.

§. 305. Von den bisher vorgetragenen Gesetzen des Stoßes zwischen elastischen Körpern und zwischen harten und elastischen Körpern lassen sich Anwendungen auf das Billard machen. Die elfenbeinernen Kugeln sind gegen das Polster der Banden der Tafel als vollkommen hart, und dieses allein ist als elastisch anzusehen: daher wird auch beym Anstoße der Kugel an die Bande der Erfolg so seyn, wie er nach §. 303. und 304. seyn muß, und die Kugel, die z. B. in der schiefen Direction von F nach D (Fig. 42.) anstößt, wird von D nach C zurücklaufen, so daß der Winkel FDB dem Winkel CDA gleich ist. Bey dem Stoße der Bälle unter sich gelten die Gesetze des Stoßes elastischer Körper (§. 299.). Wenn beyde Bälle gleiches Gewicht haben, und der stoßende den ruhenden gerade trifft (der volle Stoß), so geht der letztere in der Direction des stoßenden fort, und zwar mit der Geschwindigkeit des stoßenden, der stoßende bleibt aber an der Stelle des gestoßenen ruhig liegen (nach §. 299. Nr. 2.); er bewegt sich hingegen selbst mit minderer Geschwindigkeit noch fort, wenn sein Gewicht größer ist, als das des gestoßenen Balles (nach §. 299. Nr. 3.). Die ungleichartige Elasticität des Elfenbeins und die Reibung auf der Tafel machen, daß der Erfolg nicht ganz der Theorie gemäß geschieht. Auch findet niemals zwischen Bällen von ungleicher Größe ein centraler Stoß Statt, und eben daher wird das Sprengen der Bälle möglich, wenn die Schnelligkeit der stoßenden Kugel groß ist. Wenn (Fig. 9. b.) die stoßende Kugel P in der schiefen Richtung Pc an die ruhende p anstößt, so ziehe man durch den Berührungspunkt c die Tangente eg, und durch eben den Berührungspunkt und den Mittelpunkt von p die Linie fd. Die Kraft Pc läßt sich zerlegen in Pg und Pf, welche mit fd und ge parallel sind. Wenn nun P in c anstößt,

so wird p (nach §. 95.) in der Richtung cd fortgehen, oder nach cd geschnitten werden. Es ist aber, um sich nicht zu verlaufen, nöthig, zu wissen, welche Richtung der Ball P nach vollendetem Stoße haben werde. Er hat nehmlich noch die Kraft Pf übrig, mit der er nach dem Stoße von c nach e fortgeht.

„Durch die Reibung am Tuche, entsteht auch die Drehung einer gestoßenen, am Billardtische laufenden Kugel, so wie überhaupt der gestoßene Körper in drehende Bewegung geräth, wenn die Linie, welche durch den Berührungspunkt zweyer sich stoßenden Körper senkrecht auf die Berührungsebene gezogen wird, nicht durch den Mittelpunkt eines dieser Körper geht. Kr."

§. 306. Wenn ein harter Körper auf einen weichen unbeweglichen stößt, so dringt der stoßende nach seiner vorigen Richtung in den weichen ein, seine Kraft wird aber immer mehr durch den Widerstand der zu verschiebenden Theile des weichen Körpers vermindert, und der eindringende verliert so nach und nach seine Kraft. Uebrigens sind die Erfolge des Stoßes weicher Körper unter einander, wie die der harten.

Fünftes Hauptstück.

Phänomene schwerer liquider Körper.

§. 307.

Die flüssigen Körper sind zwar den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen; allein der eigenthümliche Zustand ihrer Aggregation (§. 273.) macht besondere Bestimmungen nöthig. Wir handeln hier die Erscheinungen ab, welche tropfbare Flüssigkeiten oder liquide Körper ver-

möge ihrer Schwere hervorbingen, ohne uns auf die besondere Natur derselben einzulassen.

„Ueber sämmtliche hieher und zum vorigen Hauptstück gehörige Lehren vergl. auch: H. W. Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts fester und flüssiger Körper. I. Th. Leipzig. 1817. 8. K."

„Die Lehre vom Gleichgewichte tropfbarer Flüssigkeiten unter sich und mit festen Körpern, nebst den hieher gehörigen Erscheinungen heißt die Hydrostatik, die Lehre von der Bewegung tropfbarer Flüssigkeiten die Hydrodynamik, und jener Theil der Maschinenlehre, in welchem diejenigen Maschinen abgehandelt werden, bey denen das Wasser als bewegende Kraft wirkt oder als die zu wältigende Last in Betrachtung zu ziehen ist, die Hydraulik. Kr."

§. 308. Bey den festen Körpern läßt sich wegen der Stärke ihrer Cohäsion ein gemeinschaftlicher Schwerpunkt (§. 273.) annehmen und beweisen; bey einem flüssigen Körper kann man dieß wegen des so äußerst geringen Zusammenhanges seiner Theile nicht thun, und man muß ihn vielmehr als eine Menge von kleinen Theilchen ansehen, die wegen ihres geringen Zusammenhanges unabhängig von einander ihre Schwere äußern, oder wo jedes noch so kleine Theilchen seinen eignen Schwerpunkt hat.

„Es kommen indessen häufig Fälle vor, wo man einer flüssigen Masse einen Schwerpunkt beylegen muß, z. B. wenn man die Lage bestimmen soll, in der ein Gefäß mit Wasser sicher stehen, oder, an einen Faden aufgehängt, in Ruhe bleiben kann. Der Schwerpunkt einer Masse liegt da, wo ein fester, gleichförmig dichter Körper, der mit der flüssigen Masse gleiche Größe und Gestalt hätte, seinen Schwerpunkt haben würde. Die Lage des Schwerpunkts einer flüssigen Masse ist also eben so veränderlich, als ihre Gestalt. F."

§. 309. Alle tropfbar-flüssigen Körper senken sich daher jederzeit an den niedern Ort, und nehmen, wenn sie ruhig stehen, jedesmal eine solche Lage an, daß ihre Oberfläche horizontal ist.

§. 310. Ein jeder Theil einer tropfbaren gleichartigen Flüssigkeit wird durch sein eigenes Gewicht und durch den Druck aller übrigen Theile an seinem Orte erhalten, wenn die höchste Fläche eben und waagerecht ist; und es ist also jedes schwere Element desselben in Ruhe und im Gleichgewichte.

§. 311. Jeder Theil in einer gleichartigen tropfbaren Flüssigkeit wird von dem darüber und darunter stehenden Theile eben so stark gedrückt, als er selbst diesen darüber oder darunter stehenden Theil drückt.

§. 312. Aus diesen beyden Sätzen (§. 310. u. 311.) folgt denn auch, daß irgend ein willkührlich angenommener Theil in einer waagerecht stehenden gleichartigen Flüssigkeit, wie z. B. (Fig. 50.) der in der Gränze afgd und bec enthaltene Theil derselben, von der darüber und darunter stehenden Flüssigkeit eben so stark gedrückt wird, als er selbst diese darüber und darunter stehende Flüssigkeit drückt. Man setze nun an die Stelle dieser willkührlich angenommenen Gränze eine feste unbiegsame Röhre, die die Flüssigkeit zwischen afgd und bec einschließt, und diese Röhre drücke nicht stärker und nicht schwächer auf die darin enthaltene Flüssigkeit, als vorher die umgebende Flüssigkeit that, in deren Stelle sie gesetzt wurde. Die äußere Flüssigkeit kann nun wegfallen, ohne daß der Stand der Flüssigkeit in der Röhre dadurch geändert wird. Dieß gilt natürlicher Weise von allen communicirenden Röhren, sie mögen gleich oder ungleich weit, gerade oder krumm, und mannigfaltig gegen einander geneigt seyn.

§. 313. Es folgt hieraus der allgemeine Satz: **Gleichartige Flüssigkeiten stehen in zusammenhängenden Röhren von jeder Gestalt, Lage und Weite der Schenkel, in diesen Schenkeln gleich hoch, und sie sind nur dann in diesen Schenkeln im Gleichgewichte und in Ruhe, wenn die Oberflächen der Flüssigkeit in den Schenkeln in einerley waagerechter Ebene stehen.**

Diesen Satz, der sich aus dem im 312. §. angeführten Erfahrungssatze so leicht herleiten läßt, kann man auch durch das Cartesische Maaß der Kräfte nach Mariotte auf die im folgenden §. angeführte Weise darthun.

Erinnerung wegen des Falles, wenn der eine Schenkel der communicirenden Röhre ein Haarröhrchen ist.

§. 314. Wenn in gleich weiten verbundenen Röhren die Flüssigkeit auf der einen Seite steigen wollte, so müßte

sie auf der andern Seite in eben der Zeit eben so tief fallen, und die flüssige Materie würde also in beyden Röhren eine gleiche Größe der Bewegung haben, weil Geschwindigkeit und Masse einerley wären. Gleiche entgegengesetzte Größen der Bewegung heben sich aber auf; und man sieht also leicht, daß die Flüssigkeit den waagerechten Stand annehmen müsse, wenn die Röhren gleich weit sind. Aber eben so leicht läßt es sich auch bey zusammenhängenden Röhren von ungleicher Weite beweisen, daß Flüssigkeiten von einerley Art darin nicht eher in Ruhe kommen, bis sie gleich hoch darin stehen. Denn gesetzt, die eine Röhre hätte zehnmal so viel Grundfläche als die andere, so wird in jener die zehnfache Masse in eben der Zeit in den einfachen Raum fallen müssen, in welcher in dieser die einfache Masse den zehnfachen Raum in die Höhe steigt. Denn wenn in der weitern die Flüssigkeit z. B. um einen Zoll fallen sollte, so müßte sie in der engern um zehn Zoll steigen, und zwar in einerley Zeit. Es sind also hier, und in jedem andern Falle, Massen und Geschwindigkeiten einander umgekehrt proportional: folglich haben sie gleiche Größe der Bewegung, und die gleichen entgegengesetzten Kräfte heben sich auf. Die Flüssigkeiten von einerley Art müssen also auch in ungleichen Röhren gleich hoch stehen und sich einander das Gleichgewicht halten.

§. 315. Da also weniges Wasser in einem engern Schenkel der Röhre das Gleichgewicht hält mit vielem Wasser in dem andern weitern Schenkel, so ist leicht einzusehen, daß es auch das Gleichgewicht halten wird mit einem jeden andern Körper, der eben so viel Gewicht hat, als das in dem weitern Schenkel enthaltene Wasser.

Wenn (Fig. 51.) in die communicirende Röhre ABCD Wasser gefüllt wird, so wird dieses Wasser nur dann darin ruhig stehen, wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch ist, obgleich diese Schenkel ungleich weit sind (§. 313.). Gesetzt, daß es in dem engern Schenkel AB bis ab steht, so wird es auch in dem weitern Schenkel CD bis cd in einerley Horizontalebene mit ab stehen müssen: sonst ist kein Gleichgewicht und keine Ruhe da. Die Wassersäule ab hält also der ungleich mehr wiegenden Wassersäule cd das Gleichgewicht, wenn ihre Oberflächen

nur in einerley Horizontalebene liegen. Wenn nun in dem cylindrischen Schenkel CD, statt des Wassers von der Höhe ce und der Grundfläche ef, ein fester Körper läge, der an den Wänden des Schenkels eben so leicht auf- und abglitschte, als Wasser, und doch genau an die Wände anschlösse: so ist leicht einzusehen, daß, wenn dieser feste Körper eben so viel wöge, als das Wasser in dem Raume cdef, er das unterhalb ef liegende Wasser nicht stärker und nicht schwächer drücken würde, als vorher das Wasser in cdef that. Da nun das Wasser in dem engern Schenkel AB vorher das Gleichgewicht hielt mit dem Wasser in dem weitern Schenkel CD, und also auch mit dem in cdef enthaltenen: so wird es auch das Gleichgewicht halten mit dem an die Stelle des Wassers in cdef gesetzten, und gleichwiegenden festen Körper.

Man sieht leicht, daß dieß von jeder Weite des Schenkels CD gilt, und daß also sehr weniges Wasser in AB mit sehr vielem in CD, und folglich mit jedem an die Stelle des Wassers angenommenen und mit demselben gleichwiegenden Körper, das Gleichgewicht halten kann.

§. 316. Wenn der eine Schenkel der Röhre tiefer abgeschnitten ist, als der andere, so wird das Wasser aus dem kürzern beständig ausfließen, wenn der andere damit höher gefüllt ist, so lange bis die Wasserflächen in beyden gleich hoch stehen. Versieht man aber den kürzern Schenkel mit einer engern Oeffnung, so springt das Wasser mit Gewalt daraus in die Höhe, wenn die Wasserfläche in dem längern Schenkel höher steht. Wenn das hervorspringende Wasser sich nicht in Tropfen zertheilte, so müßte der hervorspringende Wasserstrahl eben so hoch steigen, als die Wasserfläche in der weitern Röhre liegt.

Versuche mit allerley hiernach angelegten kleinen Springbrunnen, und Anwendung auf größere Fontainen.

„Die größte europäische natürliche (durch Fall getriebene) Springquelle ist die zu Wilhelmshöhe bey Kassel. Kr."

„Man nennt diese Art Springbrunnen: laufende Quellen, Springbrunnen oder Fontainen durch Fall. Die aufwärts gestoßenen Wasser, sollten, gemäß den Gesetzen des Wurfs so hoch steigen, als sie zuvor fielen, wenn Anhaften an Gefäßwänden und Oeffnungsrändern, und vorzüglich auch der Luftwiderstand nicht entgegen wirkten. Für große Fallhöhen des längern Schenkels der Wasserleitung, soll die vortheilhafteste Weite der Oeffnung = 1¼ Zoll seyn. Kreisrunde, in einer zum Deckel dienenden Platte befindliche Oeffnungen geben höhere Strahlen als cylindrische oder kegelförmig verengte Mündungen. Schief ansteigende Strahlen gehen höher als senkrecht aufsteigende. Scheinbar armsdicke Strahlen erhält man durch Nebeneinanderbringung vieler Einzelstrahlen. Kr."

§. 317. Wenn communicirende Röhren von gleicher oder ungleicher Weite mit einer Flüssigkeit gefüllt sind, und

es

es wird der eine Schenkel abgeschnitten, und die Mündung mit einem Deckel verschlossen, so erleidet dieser Deckel von unten her von dem darunterstehenden Wasser einen Druck, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche diesen Deckel zur Grundfläche, und die Höhe des Wassers in dem längern Schenkel über dem im kürzern Schenkel zur Höhe hätte. Weniges Wasser kann solchergestalt auch einen sehr großen Druck nach oben ausüben.

Es sey (Fig. 52.) bey einer communicirenden Röhre von ungleich weiten Schenkeln der weitere Schenkel ED in CD abgeschnitten und mit einem genau schließenden festen Deckel an der Mündung CD versehen. Der engere Schenkel AB sey bis ab mit Wasser gefüllt. Dieses Wasser würde, nach den vorhergehenden Sätzen, das Gleichgewicht halten mit dem Wasser, das in dem weitern Schenkel ED bis d reichte, wenn er bis dahin verlängert und nicht in CD mit einem Deckel geschlossen wäre. Dann würde die Wasserfläche in CD einen Druck erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich wäre, die CD zur Grundfläche und Cc oder Dd zur Höhe hätte. So stark aber, wie die Wassersäule cdCD über der Fläche CD abwärts drückt, so stark muß das Wasser unterhalb der Fläche CD aufwärts drücken: denn sonst wäre kein Gleichgewicht des Wassers in diesem weiten Schenkel mit dem im engen Schenkel, bey gleicher Horizontalfläche abcd. Wird nun in CD ein fester Deckel angenommen, und reicht das Wasser im engern Schenkel bis ab, so wird der Deckel auch von unten her einen Druck erleiden, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die CD zur Grundfläche und Cc zur Höhe hat.

Dieser Schluß gilt, so weit auch CD in Vergleichung mit dem engern Schenkel AB angenommen wird; und man sieht also, daß sehr weniges Wasser in AB einen sehr großen Druck in CD nach oben zu ausüben kann.

So leidet auch nach eben diesen Schlüssen der obere Theil der Wand ef der communicirenden Röhre (Fig. 52.), die bis ab mit Wasser gefüllt ist, einen Druck nach unten, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche ef zur Grundfläche und eb oder fc zur Höhe hat.

Dieß ist auch der Fall mit jedem andern unregelmäßig gebildeten Gefäße. Es sey (Fig. 55.) ABCdck ein solches Gefäß im senkrechten Durchschnitte, und es sey bis A mit Wasser gefüllt und ganz verschlossen. Der Theil cd des Gefäßes wird einen Druck nach oben erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat. Denn wenn cd offen wäre, und eine Röhre fbcd darüber stände: so würde in derselben das Wasser bis bf stehen, wenn es in A so hoch stände; und die Fläche cd würde dadurch so stark gedrückt werden, als diese Wassersäule drücken würde, folglich auch eben so stark entgegen drücken. kg muß einen Druck nach oben zu erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die kg zur Grundfläche und kl oder gf zur Höhe hat. Endlich die geneigte Wand Ak leidet einen Druck nach oben, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die hk zur Grundfläche und ½kl zur Höhe hat.

Hierauf gründet sich auch

1) 's Gravesande's *follis hydrostaticus* (Elem. phys. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. §. 729. *Muschenbroek* introd ad philos. nat. T. II. §. 1283.)

2) Wolfs anatomischer Heber (Nützliche Versuche, Th. I. Kap. 5. §. 58.)

3) „Auflösungs-Presse des Grafen Real (Kastner's Deutscher Gewerbsfreund II. B. 145 und 513. und dessen Berlinisches Jahrb. für die Pharmacie, Jahrg. 1818.) Kc.

4) „Zersprengung einer kleinen, vollkommen mit Wasser gefüllten aufrechtstehenden Tonne, in deren oberen Boden man eine 10 Fuß lange Röhre luftdicht und so eingekittet hat, daß das in die Röhre zu gießende etwa ½ bis 1 Pfund betragende Wasser mit seiner Grundfläche unmittelbar die Oberfläche des Wassers in der Tonne berührt; gemäß dem Gesetze, daß der einseitige Druck des Tropfbaren, vermöge des allseitigen Wiederstandes, sich nach allen Richtungen fortpflanzt (ohne daß die Flüssigkeiten dadurch ihren Raum verändern), und sich in demselben Verhältniß vervielfacht. Auf ähnliche Weise werden oftmals von im Innern der Klüfte eines Berges herabfließenden, beträchtlich hohen Wassersäulen, ganze Felsstücke abgerissen, sehr dicke Eisdecken (z. B. durch Wasser der Wasserleitungen, durch Nachdringen wärmerer Quellen 2c.) zersprengt 2c.

„Daß der von einer Richtung her wirkende Druck, den eine tropfbare Flüssigkeit erleidet, sich durch dieselbe nach allen Richtungen in gleichem Maaße fortpflanzt, und zurückwirkt (daher für zerbrechliche, von Flüssigkeiten der Art eingeschlossene starre Körper unschädlich wird, indem er sich gegenseitig für dieselben aufhebt) beweist der durch äußeren Druck unverletzliche, im Kindswasser liegende Embryon des Mutterleibes; so wie auch ein Ey, welches in einer zugebundenen, mit Wasser gefüllten Rindsblase mit großen Gewichten belastet werden kann, ohne zu zerbrechen. Auch gehört zum Theil hierher die Einrichtung und gewaltige Wirkung von Bramah's und Schenk's hydraulischen Pressen; Deutsch. Gewerbsfreund II. 146 bis 147. Kc."

§. 318. Es leidet wol keinen Zweifel, daß der Druck einer tropfbaren Flüssigkeit gegen den Boden zunehmen muß, wenn die Höhe derselben in einem Gefäße zunimmt; und eben so ist auch klar, daß, wenn die Grundfläche des Gefäßes vergrößert wird, bey derselben Höhe um so mehr Wasser in das Gefäß geht, als die Vergrößerung der Grundfläche beträgt, folglich der Druck gegen den Boden ebenfalls auch zunimmt, wie die Grundfläche. Aus beyden folgt also: daß der senkrechte Druck der tropfbaren flüssigen Körper in einem zusammengesetzten Verhältnisse ihrer senkrechten Höhen und Grundflächen sey.

§. 319. Auch in einem unregelmäßig gebildeten Gefäße drückt eine tropfbare Flüssigkeit gegen den Boden so stark, wie das Gewicht einer senkrechten Wassersäule drücken würde, die den Boden zur Grundfläche und die perpendiculäre Höhe der Flüssigkeit im Gefäße zur Höhe hätte.

Wenn (Fig. 55.) das Gefäß ABCdcgk mit Wasser bis A gefüllt ist, so leidet der Boden BC einen Druck, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hat. Der Theil desselben Cm, zum Beyspiele, leidet einen Druck, als wenn eine Wassersäule fbmC über ihm stände. Denn cd wird nach oben zu so stark gedrückt, als das Gewicht der Wassersäule fbcd beträgt, wie aus dem vorigen 317. §. bekannt ist. Da aber der Theil der Wand cd fest genug angenommen wird, um diesem aufwärts gerichteten Drucke völlig zu widerstehen, so muß er auf das unter ihm befindliche Wasser eben so stark zurückwirken, und zu dem Drucke der Wassersäule cdmC gegen mC zu muß also noch ein Druck kommen, der dem Widerstande von der Wand cd, oder dem Drucke einer Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; folglich muß mC überhaupt einen Druck erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule fbcd + cdmC gleich ist. So läßt es sich nun weiter für jeden andern Theil des Bodens Bc beweisen.

Man darf aber hieraus nicht erwarten, daß das mit Wasser ganz gefüllte Gefäß ABCdcgk, auf die Waagschale gesetzt, sie so stark drücken werde, als ob eine Wassersäule darin wäre, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hätte. Denn wenn gleich das Wasser gegen den Boden des Gefäßes eben so stark senkrecht drückt, so drückt es doch auch zugleich nach oben zu gegen cd, kg und kA senkrecht: daher geht von der gesammten bewegenden Kraft des Gefäßes nach unten zu so viel ab, als die entgegengesetzte nach oben zu beträgt.

§. 320. Der Druck des Wassers auf den Boden eines Gefäßes richtet sich also nicht nach der Wassermenge im Gefäße, sondern bloß nach der senkrechten Höhe des Wassers über dem Boden und der Grundfläche desselben; und jeder Theil des Bodens leidet den Druck einer Wassersäule, deren Grundfläche dieser Theil und deren Höhe die senkrechte Tiefe dieses Theils unter der Oberfläche des Wassers ist.

„Weiß man, wie viel ein Kubikzoll oder Kubikfuß der in einem gegebenen Gefäße enthaltenen Flüssigkeit wiegt, so findet man die Größe des Drucks auf den horizontalen Boden des Gefäßes, indem man die Größe der Bodenfläche mit der Höhe der Flüssigkeit multiplicirt, und mittelst des dadurch bekannt gewordenen körperlichen Inhalts der Säule das gesammte Gewicht derselben berechnet, dem dann der Druck auf den horizontalen Boden gleich ist. Z. B. es sey die Grundfläche des wasserhaltigen Gefäßes = 2 Quadratzoll, die

Höhe der Flüssigkeit im Gefäß 4 Zoll, so ist der körperliche Inhalt des Gefäßes bis zur Wasseroberfläche, d. i. der drückenden Wassersäule = 2 × 4 = 8 Kubikzoll, und wenn ein Kubikzoll (paris. Maaß) 573 Grains wiegt, so ist der Druck auf die Oberfläche = 8 × 573 = 2984 Grains, oder 5 Unzen 1 Gros und 52 Grains franz. Gew. Kr."

§. 321. Wenn man in ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt und oben offen ist, zur Seite mehrere kleine Oeffnungen über einander macht, so springt das Wasser mit mehr oder weniger Gewalt zur Seite heraus, und zwar um desto stärker, je näher die Oeffnung nach dem Boden zu liegt, oder je höher die darüber stehende Wassersäule ist.

§. 322. Wir müssen aus diesem Versuche schließen, daß der Druck des Wassers sich nicht allein unterwärts nach dem Boden des Gefäßes zu äußere, sondern auch zur Seite auf die Wände des Gefäßes, und daß dieser Druck abnehme, wie die Höhe des Wassers abnimmt. Jeder Punkt der Seitenfläche eines mit Wasser gefüllten Gefäßes leidet einen Druck, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, deren Grundfläche diesem Punkte und deren Höhe der Entfernung dieses Punktes der Seitenwand in lothrechter Linie von der Oberfläche des Wassers gleich ist: oder jeder Theil der Seitenwand leidet einen Druck, wie eine ihm gleiche Fläche, wenn diese in derselben Tiefe horizontal gehalten würde; nur muß dieser Theil klein genug genommen werden.

Es sey (Fig. 54.) ein cubisches Gefäß ABCD mit Wasser bis AC gefüllt, so kann man sich dieses Wasser in lauter gleich hohe, mit dem horizontalen Boden BD parallel laufende Schichten getheilt vorstellen. Die höher liegenden Schichten pressen auf die untern mit einer Kraft, die der Summe ihrer Gewichte gleich ist. So hat die Schicht abcd das Gewicht der Schicht ACab zu tragen; die Schicht cdef hat das Gewicht der Schicht abcd, aber auch zugleich dadurch das Gewicht der Schicht ACab zu tragen, u. s. f. Es ist nun klar, daß z. B. die Wasserschicht cdef von den darüber liegenden Schichten eben so gepreßt wird, als ob ein fester schwerer Körper von dem Gewichte der Wassersäule ACcd darüber läge und allenthalben gleichförmig auf die Fläche cd drückte. Da das Wasser so große Verschiebbarkeit seiner Theile hat, und der Boden des Gefäßes widerstehend angenommen wird, so muß sich seine Pressung, die es von oben her erleidet, nach den Seitenwänden fortpflanzen. Da nun der Druck von oben her zunimmt, je niedriger die Schichten gegen den Boden zu liegen, so muß auch dieser

Seitendruck des Wassers zunehmen. Wenn in km eine communicirende Röhre kmpq angesetzt wäre, und das Stück km der Seitenwand wäre weggenommen, so würde die Röhre bis an die Horizontalfläche AC auch mit Wasser angefüllt seyn müssen, damit dasselbe dem in AC über lm das Gleichgewicht hielte. Würde nun das Stück km der Seitenwand wieder eingesetzt, so würde es von dem umgebenden Wasser unstreitig einen Druck erleiden, der dem Drucke einer Wassersäule gleich wäre, die km zur Grundfläche und die Höhe von der Mitte zwischen k und m bis C hätte. Denn da k höher liegt, als m, so muß km entweder unendlich klein, oder es muß die Mitte zwischen k und m als der unterste Punkt der Höhe genommen werden.

§. 323. Dieser Druck des Wassers auf die Seitenflächen eines Gefäßes nimmt von oben in arithmetischer Progression zu. Ist ein cubisches Gefäß mit Wasser ganz angefüllt, so beträgt der Druck des Wassers gegen eine ganze Seitenfläche des Gefäßes halb so viel, als gegen den Boden, und gegen alle vier Flächen noch einmal so viel, als gegen den Boden.

Es sey (Fig. 54.) das cubische Gefäß ACBD mit Wasser angefüllt, so ist der Druck gegen den Boden gleich dem Drucke einer Wassersäule, die BD zur Grundfläche und BA zur Höhe hat (§. 320.): der Druck gegen die Seitenwand AB aber ist gleich dem Drucke einer Wassersäule, die AB zur Grundfläche und ½AB zur Höhe hat (§. 322. Anm.): folglich ist dieser Druck gegen AB halb so groß, als gegen BD.

§. 324. Auf diesen Seitendruck der tropfbaren Flüssigkeiten und die Zunahme desselben, so wie die Tiefe gegen den Boden zu zunimmt, gründen sich eben die im 321. §. angeführte Erfahrung und andere Phänomene.

1) Segners hydraulische Maschine, die durch den Seitendruck des Wassers in Bewegung gesetzt wird.

2) In eine offene Glasröhre, an deren untere Oeffnung eine mit einer Flüssigkeit gefüllte Blase gebunden ist, steigt diese Flüssigkeit in die Höhe, wenn die Blase und Röhre in Wasser getaucht werden, und steigt desto höher, je tiefer sie getaucht werden.

3) Eine leere verstopfte, dünne, gläserne Flasche mit platten Seitenflächen, zerbricht durch den Seitendruck des Wassers, wenn man sie tief in dasselbe taucht.

„Seiner geringen Zusammendrückbarkeit ohngeachtet, muß hier-
nach das Wasser in beträchtlichen Tiefen nothwendig dichter seyn,
als ohnfern seiner Oberfläche. Kr.“

§. 325. Aus allen bisher vorgetragenen Sätzen folgt nun, daß eine tropfbare Flüssigkeit unterhalb ihrer Oberfläche nach allen möglichen Richtungen drückt, nach oben (§. 317.), nach unten (§. 318.) und zur Seite (§. 322.).

§. 326. Wenn eine Flüssigkeit schwererer Art auf eine andere Flüssigkeit leichterer Art (mit der sie sich nicht chemisch verbindet, oder von der sie nicht aufgelöset wird), gegossen wird, so ist, der Erfahrung zu Folge, kein Zweifel, daß sie die untere aus ihrer Stelle verdrängen wird, oder daß diese, ehe alles in Ruhe gekommen ist, in den obern Theil des Gefäßes von der schwerern wird hinaufgedrückt werden. Allein, wenn man eine schwerere flüssige Materie auf eine andere leichtere so gießen könnte, daß beyder Oberflächen vollkommen waagerecht blieben, so ist kein Grund vorhanden, warum die schwerere nach unten zu gehen sollte: denn sie würde in allen Punkten gleich stark drücken, und die untere leichtere Flüssigkeit könnte also in keinem Punkte nach oben zu ausweichen, und wegen des Gefäßes auch nicht nach den übrigen Seiten zu.

§. 327. Wenn man aber den schwerern flüssigen Körper zu dem leichtern schüttet, so kann dieß nie in der Art geschehen, daß die Oberflächen horizontal bleiben. Wegen des stärkern Drucks der schwerern Säulen der schwerern Flüssigkeit muß also der leichtere zur Seite emporgehoben werden, und sich über den schwerern ergießen; und es erfolgt nicht eher Ruhe und Gleichgewicht der Theile, bis der leichtere nach oben zu steht, und jede Flüssigkeit eine horizontale Fläche erhalten hat.

§. 328. So steigen also leichtere Flüssigkeiten durch schwerere (von denen sie nicht, oder doch nicht gleich aufgelöset werden) in die Höhe, und stellen sich endlich nach ihrem verschiedenen eigenthümlichen Gewichte so über einander, daß jede eine horizontale Oberfläche hat.

Beyspiele; an der sogenannten Elementarwelt aus Quecksilber; an der Auflösung des Gewächsalkali in Wasser, Weingeist und Steinöl; an dem Passevin, oder der scheinbaren Verwandlung des Wassers in Wein.

§. 329. Wenn zusammenhängende Röhren mit Flüssigkeiten von verschiedener Art und verschiedenem eigenthümlichen Gewichte angefüllt werden, so wird die schwerere Säule, die bey gleichem Raumsinhalte mehr Gewicht hat, stärker drücken, als die andere. Wenn sie aber im Gleichgewichte gegen einander seyn sollen, so müssen ihre Gewichte gleich groß seyn. Es wird also die flüssige Materie leichterer Art so vielmal höher stehen, als die von schwererer Art, so vielmal die letztere die erstere an specifischem Gewichte übertrifft; oder: **Der senkrechte Druck der Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte gegen einander ist im Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte; und sie stehen in zusammenhängenden Röhren im Gleichgewichte, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten.**

Bestätigung durch Versuche in zusammenhängenden Röhren mit Quecksilber und Wasser.

„Hierauf gründet sich Scannegatty's Aräometer, vergl. Lichtenbergs Magaz. f. d. Neueste a. d. Phys. ꝛc. I. 2 B. S. 43 u. f. Dem Gebrauche dieses so genau scheinenden und so leicht ausführbaren Aräometers, steht die keine Genauigkeit zulassende Verschiedenheit der Adhäsion, der verschiedenen Flüssigkeiten gegen das angeschmirgelte Glas der Röhre entgegen. Kr.“

§. 330. Eben dieß erfolgt, wenn auch die Röhren nicht gleich weit sind. — Man kann also leicht die Höhen zweyer flüssigen Körper von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte, die sie in zusammenhängenden Röhren haben, bestimmen, wenn man nur das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte weiß; und so kann man aus der Höhe einer Flüssigkeit gegen das Wasser den Unterschied des eigenthümlichen Gewichts oder der Dichtigkeit zwischen beyden finden. Wegen des verschiedenen Cohärirens der Flüssigkeiten mit den Gefäßen ist indessen diese Bestimmung nicht genau und scharf genug.

§. 331. Ein fester Körper schwererer Art sinkt in einem flüssigen leichterer Art unter. Denn wir können uns vorstellen, daß die Flüssigkeit aus lauter neben einander befindlichen Wassersäulen bestehe, die dann im Gleichgewichte gegen einander sind, wenn ihre Oberflächen in einerley Horizontalebene liegen. Wird nun ein fester schwerer Körper darauf gelegt, so nimmt natürlicher Weise dieser Druck der unter ihm befindlichen Wassersäule durch sein eignes Gewicht zu; die Wassersäulen zur Seite müssen also in die Höhe steigen, um das Gleichgewicht hervorzubringen, und sie müssen höher steigen, als die Horizontal-Ebene in der Oberfläche des festen schweren Körpers beträgt (nach §. 329.). Da aber der Druck des Wassers auch seitwärts Statt findet, so fließen diese höher gestiegenen Wassersäulen zur Seite über den tiefer liegenden festen Körper her: dadurch wird das Gleichgewicht natürlicher Weise immer wieder aufgehoben, und der feste schwerere Körper sinkt bis auf den Boden des Gefäßes hinab; und dann setzt sich erst das Wasser ins Gleichgewicht, oder nimmt eine horizontale Oberfläche an.

Wie die Kreise auf der Wasserfläche von einem daraufgeworfenen Steine entstehen.

„Das Abprallen in schiefer Richtung gegen Wasserflächen geworfener Steine, gründet sich größtentheils auf die im Wasser vorhandene und zwischenliegende Luft, und die Elasticität des Steines.
Anm."

§. 332. Wenn der schwerere feste Körper in den leichtern flüssigen eingetaucht wird, so sinkt er darin nicht mit seiner ganzen Kraft der Schwere. Denn an dem Orte, worein er jetzt eingetaucht ist, war vorher so viel Wasser, als in den Raum des festen Körpers geht; und das ganze Gewicht dieses Wassers wurde von der übrigen Flüssigkeit getragen (§. 310.). Es wird also auch durch den Gegendruck der Flüssigkeit von dem absoluten Gewichte oder von der Größe des Druckes des schwereren festen Körpers so viel aufgehoben und gewissermaßen vernichtet, als das absolute Gewicht oder die Größe des Druckes eines eben so großen

Wasserklumpens beträgt. Er sinkt daher nicht mit seiner ganzen Kraft oder seinem ganzen Gewichte, sondern nur mit dem Theile, welcher übrig bleibt, wenn man von seinem absoluten Gewichte das absolute Gewicht eines eben so großen Wasserklumpen abzieht. Diesen übrig bleibenden Theil seines Druckes nennt man sein **respectives Gewicht** (Pondus respectivum).

Vom Satze der Alten: Liquida non gravitant in propriis locis.

Warum ein Eimer voll Wasser, den man aus einem Brunnen zieht, sich leicht heben läßt, wenn er noch unter dem Wasser ist, und erst dann sein völliges Gewicht zeigt, wenn er außer dem Wasser ist.

§. 333. **Ein fester Körper schwererer Art sinkt daher in einem flüssigen leichterer Art mit seinem respectiven Gewichte (§. 332.) zu Boden, und verliert, wen er darein versenkt wird, so viel von seinem absoluten Gewichte, als der flüssige Körper wiegt, der seinen Raum erfüllen würde, und den er aus der Stelle treibt.**

Bestätigung durch Versuche: Ein metallener Würfel, der an einem Pferdehaar an einer Waage hängt, wird im Wasser gewogen, und er braucht so viel weniger Gegengewicht, als vorher in der Luft, um im Gleichgewichte erhalten zu werden, als das Wasser wiegt, welches mit dem Würfel von gleichem Umfange ist, oder welches in einen Eimer geht, worein der Würfel genau paßt.

§. 334. Schwere feste Körper von gleichem Volum verlieren in einerley leichterem flüssigen Körper gleiche Summen von ihrem absoluten Gewichte, ihr eigenthümliches Gewicht mag verschieden oder einerley seyn. Ihr respectives Gewicht, welches übrig bleibt, ist aber freylich nach Verhältniß ihres eigenthümlichen Gewichts verschieden.

Bestätigung durch Versuche mit einem zinnernen und einem bleyernen Würfel, deren jeder einen rheinl. Decimal-Cubikzoll groß ist, und die gleich viel in einer Flüssigkeit verlieren, aber ungleiches respectives Gewicht übrig behalten, mit dem sie zu sinken streben.

§. 335. Bey schweren festen Körpern von ungleichem Raumsinhalte und einerley absolutem Gewichte verliert der größere Körper mehr, als der kleinere; oder, welches einer-

ten ist, der, welcher das größere eigenthümliche Gewicht hat, verliert weniger, als der, welcher das geringere besitzt.

Bestätigung durch Versuche mit einer elfenbeinernen Kugel und einer Bleykugel, die beyde gleich viel wiegen, aber ungleich viel beym Wasserwägen verlieren. Die größere elfenbeinern Kugel verliert mehr, als die kleinere Bleykugel.

§. 336. Einerley fester Körper verliert in leichtern Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte ungleich viel von seinem absoluten Gewichte; in den dichtern oder schwerern mehr, als in den dünnern oder leichtern. Die Gewichtsverluste verhalten sich wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten.

Versuche mit Salzsoole, Wasser, Wein, Weingeist, u. dergl., worin einerley fester Körper ungleich viel verliert.

Anwendung hiervon auf Flüssigkeiten einerley Art, die eine verschiedene Wärme haben.

§. 337. Ueberhaupt verhalten sich die Gewichtsverluste fester Körper in Flüssigkeiten, worein sie sich eintauchen, wie die Producte aus ihrem Volum mit dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit.

§. 338. Ein fester Körper, welcher mit einer Flüssigkeit gleiches eigenthümliches Gewicht hat, muß in derselben nothwendig sein ganzes Gewicht verlieren, und sein respectives Gewicht (§. 332.) wird also = 0 seyn. Er wird also, in die Flüssigkeit versenkt, weder sinken noch steigen, sondern ruhig schweben.

Versuche mit einem Eye, das in reinem Wasser sinkt, in Salzsoole schwimmt, in der Vermischung von beyden nach einem richtigen Verhältnisse aber schwebt.

§. 339. Die flüssige Materie, worein ein fester Körper gehängt wird, nimmt in ihrem Drucke nach unten um so viel zu, als der feste Körper davon verliert, oder als die flüssige Materie wiegt, die in dem Raum geht, welchen der Körper einnimmt.

Versuch: Ein metallener Würfel von der Größe eines Cubikzolles wird an einen Faden hängend in Wasser gehalten, das in einem Trinkglase auf einer Waagschale steht und an der Waage das Gleichgewicht

gesetzt war. Das Gleichgewicht wird gestört, und das Wasser drückt nun die Waagschaale um so viel stärker, als es drücken würde, wenn noch ein Cubikzoll Wasser hinzukäme. Der Faden hat nur noch das respective Gewicht des Würfels zu tragen.

(„Es versteht sich, daß der Faden gespannt gehalten werden muß, so daß der Würfel im Wasser schwebt, sonst wird das Ganze um das volle Gewicht des Würfels zunehmen. F.)

§. 340. Das Gewicht, welches der schwere feste Körper im Wasser verliert (§. 332.), geht also nicht verloren, sondern wird vom Wasser gewonnen. Es ist nehmlich jetzt eben so gut, als ob noch so viel Wasser hinzukäme, als in das Volum des festen Körpers geht; und die Höhe der Flüssigkeit nimmt um so viel in dem Gefäße zu, als sie zunehmen würde, wenn eben so viel Wasser dem Raume nach hinzukäme. Mit der Zunahme der Höhe bey gleicher Grundfläche der Flüssigkeit wächst aber auch der Druck gegen den Boden.

§ 341. Ein fester Körper leichterer Art wiegt weniger, als die flüssige Materie schwererer Art, die mit ihm gleichen Raum erfüllt (§. 211.). Es ist daher schlechterdings unmöglich, daß er darin untersinken sollte, weil der Klumpen der flüssigen Materie, den er aus der Stelle treiben müßte, stärker drückt, als er selbst, und er muß also darauf schwimmen. Wird aber der leichtere feste Körper auf die Oberfläche der flüssigen Materie gelegt, so muß er sich darein so tief eintauchen, bis die Menge der von ihm verdrängten Flüssigkeit ihm am Gewichte gleich ist. Denn, wenn man ihn auf die Flüssigkeit setzt, so drückt er doch vermöge seines eigenen Gewichts auf die unter ihm stehende Säule der Flüssigkeit, und das Gewicht dieser Säule wird dadurch vermehrt; sie senkt sich also so tief ein, bis sie die Höhe hat, daß sie mit dem darauf liegenden festen Körper das Gleichgewicht mit den benachbarten Säulen der Flüssigkeit hält. Wer sieht also nicht, daß der feste Körper eintauchen müsse, und zwar so tief, bis das aus der Stelle getriebene Wasser eben so viel wiegt, als der ganze Körper?

§. 342. Der eingetauchte Theil des schwimmenden Körpers verhält sich zum Ganzen wie das eigenthümliche Gewicht des schwimmenden Körpers zu dem der Flüssigkeit.

§. 343. Wenn zwey schwimmende Körper von gleichem oder verschiedenem eigenthümlichen Gewichte einerley absolutes Gewicht haben, so werden sie sich beyde gleich tief in einerley Flüssigkeit eintauchen.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus §. 341.

§. 344. Ein fester Körper von größerm eigenthümlichen Gewichte muß sich bey diesem Schwimmen in einerley Flüssigkeit tiefer eintauchen, als ein anderer leichterer. Die Größen der eingetauchten Theile werden sich verhalten wie die eigenthümlichen Gewichte der festen Körper, wenn diese gleiche Volumina haben. Ferner, einerley fester Körper muß sich desto tiefer eintauchen, je leichter die Flüssigkeit ist, worin er schwimmt; und die eingetauchten Theile müssen sich umgekehrt verhalten wie die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit.

Bestätigung durch Versuche mit gleichen Würfeln von verschiedenen Holzarten, die alle specifisch leichter sind, als Wasser, aber von verschiedenem specifischen Gewichte, die sich in einerley Wasser ungleich tief beym Schwimmen eintauchen.

Versuche mit einem und demselben Würfel von Holz, der sich in Weingeist tiefer eintaucht, als im Wasser, und in dieses tiefer, als in Salzsoole.

Versuche mit hohlen Glaskugeln, die mit Bley beschwert sind und in Salzsoole schwimmen, aber im Wasser sinken, oder im Wasser schwimmen, und in Salzsoole sinken.

Anwendung davon auf das Schwimmen eines Schiffes in süßem Wasser und im Seewasser.

§. 345. Man kann aus diesem Grunde die eigenthümlichen Gewichte verschiedener flüssigen Körper (freylich nicht mit der größten Genauigkeit) gegen einander vergleichen, wenn man einerley leichtern festen Körper von einer bequemen Gestalt darin schwimmen läßt, und den Unterschied der Tiefe bemerkt, um welche er sich eintaucht. Wie sich verhalten die Umfänge des eingetauchten Theils, so verhalten sich die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten umgekehrt.

§. 346. Wenn das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts, z. B. eines Cubikzolles, Cubikfußes u. dergl., der Flüssigkeit, und der cubische Inhalt des eingetauchten Theils des schwimmenden Körpers bekannt ist, so läßt sich das absolute Gewicht des ganzen schwimmenden Körpers daraus bestimmen. Es ist nehmlich das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers (P) gleich der Größe des eingetauchten Theiles (I), mit dem absoluten Gewichte (R) des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit multiplicirt.

Es ist also $P = IR$.

Es sey z. B. die Größe des eingetauchten Theiles des in Wasser schwimmenden Körpers 10 Cubikzoll (berliner, oder sogenannte rheinländische), und das Gewicht eines Cubikzolles Wasser 288 Gran deutsches Med. = Gew., so ist das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers 2880 Gran. Der ganze Satz ist eine natürliche Folge von §. 341.

§. 347. Wenn ferner das absolute Gewicht eines bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit und das absolute Gewicht des schwimmenden Körpers bekannt ist, so läßt sich die Größe des eingetauchten Theils des letztern finden. Diese ist nehmlich gleich dem absoluten Gewichte des schwimmenden Körpers, durch das absolute Gewicht des bestimmten cubischen Inhalts der Flüssigkeit dividirt.

Oder es ist $I = \frac{P}{R}$.

Es sey das Gewicht eines Schiffes mit der Ladung, oder die Last mehrerer verbundener Pontons, 1000 Centner (berliner), so ist das Volum Wasser, das dadurch beym Schwimmen aus der Stelle gedrängt wird, oder, welches einerley ist, das Volum, um welches sich der schwimmende Körper eintaucht, so groß als das Volum, welches 1000 Centner Wasser einnehmen. Wenn nun 1 (berliner) Cubikfuß Wasser 66 (berl.) Pfund wiegt, so ist die Größe des eingetauchten Theils $= \frac{110000}{66} = 1666\frac{2}{3}$ (berl.) Cubikfuß.

§. 348. Wenn ein fester Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen soll, so ist gerade nicht nöthig, daß alle seine Theile ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als die Flüssigkeit; sondern es ist nur nöthig, daß die Materie in dem ganzen Volum des Körpers nicht so viel wiegt, als

ein gleich großes Volum der Flüssigkeit. Es können daher sehr wohl schwerere feste Körper in leichtern Flüssigkeiten zum Schwimmen gebracht werden, wenn sie inwendig hohl gemacht, oder mit andern ungleichartigen verbunden werden, die specifisch leichter sind, als die Flüssigkeit, in dem Maaße, daß das Volum dieser Verbindung nicht so viel wiegt, als ein eben so großes Volum, das mit der Flüssigkeit erfüllt ist.

Hierauf beruht das Schwimmen beladener Schiffe, der Menschen auf Blasen, auf Schwimmgürteln, Binsen u. dergl; der Mechanismus des Aufsteigens und Niedersinkens der Fische im Wasser; die Art Schiffe in seichte Häfen zu buxiren; das Emporkommen der Leichname Ertrunkener: das Schwimmen metallener und gläserner Kugeln, der Bouteillen, der Pontons, u. dergl.

Die Cartesianischen Teufelchen.

Von diesem bisher erwähnten Schwimmen der festen Körper auf specifisch schweren Flüssigkeiten, dem *Innatare fluido*, oder dem französischen *Flotter*, ist das *Natare* und *Nager*, oder das Schwimmen, wie der Menschen und Thiere auf Wasser, durch Hülfe eigener Bewegungen, zu unterscheiden. Diese letztere Art des Schwimmens beruht auf dem Widerstande, welchen die Theile der Flüssigkeit bey ihrem Verrücken aus der Stelle entgegensetzen: und so schwimmen die Vögel in der specifisch leichtern Luft, dadurch, daß sie mit ihren Flügeln die Lufttheilchen schneller schlagen, als diese auszuweichen im Stande sind. Eben darauf beruht der Mechanismus des Schwimmens der Menschen und vierfüßigen Thiere im Wasser. Daß die letztern leichter schwimmen, als die Menschen, hat vorzüglich in der Stellung ihres Kopfs und dem Ligamento nuchae seinen Grund, wodurch sie nicht genöthigt werden, einen Theil ihrer Muscularkraft dahin zu verwenden, wohin ihn der Mensch verwenden muß, nehmlich den Kopf aus dem Wasser bey der horizontalen Lage des Körpers hervorragend zu machen — Uebrigens läßt sich leicht beweisen, daß der stärkste Mann in seinen Armen nicht die Muskelkraft besitzt, die nöthig wäre, um Flügel von der hinreichenden Geschwindigkeit zu schwingen, um damit in der Luft fliegen zu können.

Der Körper der Menschen ist gewöhnlich specifisch schwerer, als Wasser. Nach Muschenbroek (introd. ad philos. nat. T. II. §. 1399) ist sein eigenthümliches Gewicht gegen das des Wassers wie 1,111 zu 1,000; oder ein gleiches Volum Wasser wiegt $\frac{1}{9}$ weniger, als der Körper des Menschen. Beym Mechanismus des Schwimmens nun hat der Mensch nicht sein ganzes absolutes Gewicht im Wasser emporzuhalten, sondern nur sein respectives Gewicht, oder diesen Ueberschuß seines absoluten Gewichts über das absolute Gewicht eines eben so großen Wasservolums, als er aus der Stelle drängt, addirt zu dem Gewichte des Theils von ihm, der noch hervorragt.

Da sich beym Hineintreten ins Wasser die Lage des Schwerpunkts des Körpers nach oben in den Theil des Körpers erhebt, der noch hervorragt, so wird dadurch die Gefahr des Umschlagens im Wasser gar

sehr vermehrt, wenn man nur bis an den Leib oder bis an die Brust im Wasser geht. Auf diesen Umstand müßte beym Baden in der That sehr Rücksicht genommen werden; und Personen, die nicht schwimmen können, müßten sich nur an seichten Stellen sitzend oder liegend baden. Man lese hierüber einen Aufsatz des Hrn. Hofr. Ebell im Neuen hannöverischen Magazin 1792. St. 82.

„Vergl. §. 281 No. 5. Kr."

Beyspiele von Menschen, die meist eben so schwer als Wasser, und meist noch leichter als dasselbe waren, sehe man bey Robertson (in den *Philosoph. Transact.* Vol. L. S. 30.). Das Beyspiel von Paolo Moccia, der zwar 500 neapolitanische Pfund wog, und doch noch 30 Pfund leichter war, als ein eben so großes Volum Wasser, erzählt Karsten (Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Theil III. Hydrostatik, §. 51.)

§. 349. Die Kräfte, mit welchen gleich große feste Körper von schwererer Art in einer specifisch leichtern Flüssigkeit zu Boden sinken, verhalten sich wie ihre respectiven Gewichte (§. 334.); und die Kräfte, mit welchen verschiedene specifisch leichtere feste Körper von gleichem Umfange in einer specifisch schwerern Flüssigkeit emporsteigen, verhalten sich wie die Differenzen des Gewichts der festen Körper und der flüssigen Materie, die aus der Stelle getrieben wird. Das Aufsteigen und das Niedersinken würde mit gleichförmiger Beschleunigung geschehen, wenn die Flüssigkeit der Bewegung keinen Widerstand leistete.

Vorerinnerung des Herausgebers zu §. 350—367.

„Die hier beschriebenen Methoden, das specifische Gewicht fester und tropfbarer Körper zu finden, sind in besondern Fällen nicht unbrauchbar; doch verdient die Methode, in Gläsern mit eingeriebenen Glasstöpseln abzuwägen, im Allgemeinen bey weitem den Vorzug, und dieß eben so sehr wegen ihrer Einfachheit und leichten Ausführbarkeit, als wegen der großen Genauigkeit, welche sie gewährt. Besonders macht sie auch alle Aräometer, in so fern man dadurch specifische Gewichte bestimmen will, überflüssig. Man sehe Fischers Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berlin 1805. Kap. 22. F."

§. 350. Die schönste Anwendung finden die bisher vorgetragenen Sätze von dem Drucke der tropfbar-flüssigen Körper auf feste in sie eingetauchte (§. 332. ff.) an dem darauf sich gründenden Verfahren, das eigenthümliche Gewicht fester und flüssiger Körper unter einander zu vergleichen.

Das vorzüglichste Werkzeug hierzu ist die hydrostatische Waage, die sich eigentlich von einer gewöhnlichen Waage nur durch ihre größere Empfindlichkeit auszeichnet, sonst aber zu der Absicht, feste oder flüssige Körper damit in flüssiger Materie abzuwägen, eine eigenthümliche bequemere Einrichtung haben muß.

§. 351. Zur Vergleichung des eigenthümlichen Gewichtes mehrerer Körper unter einander muß man das eigenthümliche Gewicht irgend eines Körpers zur Einheit annehmen. Man wählt dazu am bequemsten reines destillirtes Regen- oder Schneewasser, dessen Temperatur man aber nothwendig, so wie der andern zu untersuchenden Körper, bestimmen muß, weil sich die Dichtigkeit der Körper wie im Folgenden weiter dargethan werden wird, nach der verschiedenen Temperatur sehr verändert.

Nöthige Erinnerungen wegen des Aufhängens der festen Körper an die hydrostatische Waage. Man wählt dazu Pferdehaar, dessen eigenthümliches Gewicht von dem des Wassers nicht sehr verschieden ist.

§. 352. Um das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts verschiedener flüssiger Körper gegen reines Wasser zu finden, bringt man einen festen Körper (einen solchen, der von den Flüssigkeiten nicht angegriffen oder aufgelöset wird, am besten eine massive Glaskugel) erst an der hydrostatischen Waage hängend ins genaueste Gleichgewicht, versenkt ihn dann in das Wasser, merkt genau den Verlust, welchen er an seinem absoluten Gewichte erleidet, trocknet ihn dann wieder gehörig ab, und bestimmt mit gleicher Sorgfalt den Verlust, welchen er in den andern zu untersuchenden Flüssigkeiten erleidet. Das Gewicht, das ein und eben derselbe feste Körper in einer jeden andern flüssigen Materie verliert, durch das dividirt, welches er im Wasser verliert, giebt das eigenthümliche Gewicht der flüssigen Materie gegen das zur Einheit angenommene eigenthümliche Gewicht des reinen Wassers.

Man findet nehmlich durch dieses Verfahren das absolute Gewicht der verschiedenen Flüssigkeiten und des reinen Wassers, bey gleichem Volum, nehmlich bey dem Volum des eingetauchten festen Körpers; oder

oder der Verlust desselben an seinem absoluten Gewichte in den Flüssigkeiten ist das Gewicht dieser Flüssigkeiten bey seinem Volum (§. 335.). Die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten verhalten sich folglich wie diese absoluten Gewichte, oder wie der Verlust des festen Körpers in denselben.

§. 353. So kann man auch dadurch finden, wie groß das absolute Gewicht eines gewissen gegebenen Volums einer Flüssigkeit sey, wenn man einen schweren festen Körper von diesem gegebenen Volum in der Flüssigkeit abwiegt und den Verlust desselben darin merkt. Denn der feste Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewichte, als die Flüssigkeit wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt (§. 333.).

„Nach wiederholten Versuchen, die ich mit dem sel. Hrn. Hofr. Karsten angestellt habe, wiegt ein rheinländischer Decimalcubikzoll reines destillirtes Wasser bey 65 Graden Fahrenh. 502$\frac{2}{3}\frac{1}{4}$ Gran köln. oder 492$\frac{1}{4}$ Gran im Medicinalgewichte: ein rheinl. Cubikfuß Wasser von der genannten Temperatur wiegt also im köln Gewichte 502657$\frac{1}{3}$ Gran, oder 65 Pfund 14 L. 2 Q. 7$\frac{1}{3}$ Gr.; im deutschen Medicinalgewichte aber (das Pfund zu 16 Unzen.) 64 Pfund 1 Unze 5 Drachmen 2 Scrupel 9$\frac{1}{2}$ Gran. (Karsten's Anleitung zur gemeinnützl Kenntniß der Natur, §. 42.)

Die Angaben verschiedener Naturforscher über das Gewicht eines gegebenen Volums des reinen Wassers von einer bestimmten Temperatur sind abweichend. Ein Haupterforderniß hierbey ist, daß der Cubus, dessen man sich dazu bedient, auf das genaueste gearbeitet sey: denn gesetzt, daß man sich dazu eines Würfels von 1 oder 2 Decimalcubikzollen bedient, so wird ein geringer Fehler bey der Bestimmung des Gewichts des Cubikfußes Wasser durch denselben, 1000 oder 500mal wiederholt, schon groß ausfallen müssen. Lulofs (Grondbeginzelen der Wynroey en Peilkunde, Leyden 1764. 8.), der nach van Swindens Zeugnisse hierauf sehr große Sorgfalt verwandte, und sich auch eines größern, mit vorzüglicher Genauigkeit gearbeiteten Würfels bediente, fand das Gewicht eines rheinl. Cubikfußes Regenwasser von 64° Fahrenh. 62 Pfund, 9 Unzen, 6 Drachm., 36 Gr. im Troygewichte. Dieß auf kölnisches Gewicht reducirt, weicht von der Karstenschen Angabe nur um weniges ab. — Ein zweyter Umstand ist hierbey die Genauigkeit und Richtigkeit der Gewichte, deren man sich bedient. Herr Schmidt (phys. mathematische Abhandl. B. I. S. 98.) hat die Bestimmungen mehrerer Beobachter auf gleiche Maaße und Gewichte reducirt.

„Nur bey Anwendung von Normalmaaßen und Normalgewichten, ist eine durch beliebige Vergleichung prüfbare, und dadurch Gültigkeit erlangende Bestimmung des Gewichts eines gegebenen Rauminhalts reinsten Wassers möglich. Für sämmtliche preußische Staaten ist künftig der preußische Fuß, welcher mit dem bereits eingeführten rheinländischen und brandenburgischen Werkfuß übereinstimmt und 139,13 Linien des Pariser Fußes oder 0,313,855,548,81

Meter enthält, das Grundmaaß. Nach J. van Swinden (Verhandeling over volmakte Maaten en Gewigten I. en II. Deel, te Amsterdam, by P. den Hengst 1802. I. §. 51.) ist zwar der Ursprung der rheinländischen Ruthe unbekannt, die Standarte dieser Ruthe aber seit langer Zeit in die Mauer des Rathhauses zu Leiden befestigt, und aus einem eisernen Stabe mit zwey Hervorragungen bestehend. Lulofs Angabe, der zufolge der rheinländische Fuß 139,1355 paris. Lin. hält, ist nach van Swinden (II. §. 319.) zu groß, weil sein paris. Fuß zu kurz gewesen und nur 143,95 pariser Lin. enthalten hat. Van Swinden setzt hiernach den rheinl. Fuß = 150,1157 pariser Lin. — Nach Eytelwein ist der Cölnische Fuß = 127,40325 paris. Lin., oder = 0,2874 Meter, oder = 0,9157132 preuß. Fuß, oder 12 Cöllnische Fuß vergleichen sich genau mit 11 Preußischen. Das Preußische Pfund soll, nach der Maaß- und Gewichtsordnung, mit dem Gewichte des sechs und sechszigsten Theils eines preußischen Kubikfußes destillirten Wassers, im luftleeren Raume, bey einer Temperatur von funfzehn Graden Reaumur übereinkommen. Ein pr. Kubikfuß enthält 1728 Kubikzoll, und das Gewicht eines pr. Kubikzolls des im leeren Raume gewogenen destillirten Wasser von $3\frac{1}{2}$° R., d. i. von einer Temperatur, bey welcher das Waßer die größte Dichte hat, beträgt 17,89111448 Grammen oder 1,224,0791 preuß. Loth (deren 32 auf ein Handels-, Münz-, Gold- oder Silbergewichtspfund, und 24 auf ein Medicinal-Pfund gehen) Gilpin's Versuchen zu Folge verändert sich das specif. Gewicht und die Dichte des Wassers, von der Temperatur des schmelzenden Eises an bis hinauf zu $3\frac{1}{2}$° R. oder 39,83 F. sich minderad, und von hier aus sich mehrend, in folgenden Verhältnissen:

Temperatur des Wassers	Specif. Gewicht desselben.	Betrag der Abweichung von der größten Dichte.
0° R. = 32° F.	0,99980	0,00020
$3\frac{1}{2}$ — 40	1,00000	—
$5\frac{7}{9}$ — 45	0,99992	0,00008
8 — 50	0,99974	0,00026
$10\frac{2}{9}$ — 55	0,99944	0,00056
$12\frac{4}{9}$ — 60	0,99906	0,00094

Vom 12ten bis zum 20° R., schreiten die Dichtigkeiten des Wassers, in Gilpin's Tafel (vergl. S. 142 der unten erwähnten Eytelweinschen Schrift) regelmäßig abnehmend fort, und man findet daher nach der Lehre vom Einschalten (vergl. Klügel's mathem. Wörterb. II. 14.) für das specif. Gewicht des destillirten Wassers im luftleeren Raume, bey 15° R., die Zahl 0,99845; mithin ist das Eigengewicht bey einer Temperatur von 15° R. = (dem Gewichte eines preuß. Kubikzolles dichtesten, im leeren Raume gewogenen Wassers, d. i.) 17,89111448. 0,998483 = 17,8659736 59 Grammen. — Siehe Eytelweins Vergleichungen der in den Preußischen Staaten eingeführten Maaße und Gewichte. Berlin 1788 und dessen Nachtrag rc. Berlin 1817. — Fischers Lehrb. d. mechan. Naturlehre. Berlin 1805. S. 140 ff. Kr.

§. 354. Um das eigenthümliche Gewicht schwerer fester Körper gegen das Wasser zu vergleichen, bringe man den Körper zuerst in der Luft ins Gleichgewicht, und be-

stimme dann genau den Verlust, den er ins Wasser versenkt leidet. Sein absolutes Gewicht, durch das dividirt, das er im Wasser verliert, giebt das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

„Beym Abwiegen sehe man dahin, daß Wasser, Luft, und der zu bestimmende Körper einerley Wärme haben, und bey der Bestimmung des absoluten Gewichts vergesse man nicht Barometerstand und Thermometerstand in Betrachtung zu ziehen, da diese auf das Gewicht der Luft, welche durch den zu wägenden Körper aus dem Raume vertrieben wird (und die daher dessen Gewicht um so viel mindert, als sie selber wiegt) Einfluß haben. Anleitung zur Berechnung dieses Einflusses, ertheilt Tralles in Gilbert's Ann. XXVII. S. 261. Kr."

§. 355. Körper, welche sich im Wasser auflösen lassen, wiegt man entweder im stärksten Weingeiste oder im Terpentinöl ab, auf eben die Art, wie im Wasser. Weiß man nun das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts dieser Flüssigkeiten gegen das eigenthümliche Gewicht des Wassers (das man nach §. 352 suchen kann), so kann man auch leicht das eigenthümliche Gewicht des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers durch Rechnung finden.

§. 356. Um kleine Stücke oder ein grobes Pulver von einem Körper, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als das des Wassers, in Rücksicht des Verhältnisses dieser eigenthümlichen Gewichte zu untersuchen, kann man so verfahren. Man bringe eine kleine gläserne Flasche, die recht trocken ist, an der hydrostatischen Waage ins Gleichgewicht, thue den festen Stoff hinein, merke sein absolutes Gewicht, fülle das Gefäß mit destillirtem Wasser voll, bemerke das Gewicht von beyden zusammen, und ziehe von der Summe das Gewicht der festen Masse ab: der Rest giebt das Gewicht des Wassers an. Man leere die gläserne Flasche aus, reinige sie, fülle sie wieder mit destillirtem Wasser eben so hoch an, wie vorher, und bestimme das Gewicht des Wassers. Dieses Gewicht des Wassers von dem Gewichte des Wassers bey der ersten Operation abge-

zogen, giebt im Reste das Gewicht des Wassers an, das vorher mit dem festen Körper einerley Raum einnahm. Das absolute Gewicht des festen Körpers, durch das divi-dirt, das ein eben so großer Wasserklumpen wiegt, giebt das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers. — Oder man bestimme erst den Verlust eines gläsernen Eimers im Wasser, wiege darauf den festen Körper darin ab, merke sein absolutes Gewicht, versenke den Eimer ins Wasser, merke seinen Verlust, und ziehe hiervon den Verlust des Gewichts des Eimers ab: so giebt der Rest den Verlust des festen Körpers allein an, und also, nach dem Vorhergehenden, leicht das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das Wasser.

Auf diese Weise läßt sich auch das eigenthümliche Gewicht des Quecksilbers finden.

§. 357. Aus dem, was ein fester Körper von seinem absoluten Gewichte in einer flüssigen Materie verliert, kann man auch sehr leicht die Größe des festen Körpers im Cubikmaaße finden, wenn man das absolute Gewicht der Flüssigkeit, das in einem gegebenen Cubikmaaße enthalten ist, weiß. Wenn ich z. B. weiß, was ein Cubikzoll reines Wasser wiegt, so ist der feste Körper so viel Cubikzoll groß, als das Gewicht eines Cubikzolles Wasser in dem Verluste seines absoluten Gewichts in diesem Wasser enthalten ist.

§. 358. Um feste Körper, welche specifisch leichter sind, als Wasser, ihrem eigenthümlichen Gewichte nach gegen das Wasser zu vergleichen, kann man einen specifisch schwerern damit verbinden, den Verlust beyder im Wasser bemerken, und den Verlust des schwerern allein hernach von dem Verluste des Ganzen zusammen abziehen: so wird der Rest angeben, wie viel das Wasser wiegt, das mit dem leichtern einerley Raum erfüllt. Das absolute Gewicht des leichtern, durch das Gewicht dieses gleich großen Volums vom Wasser dividirt, giebt alsdann das Ver-

hältniß des eigenthümlichen Gewichts des leichtern festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 359. Wenn der Körper aus mehrern mit einander verbundenen Materien von ungleichem eigenthümlichen Gewichte besteht, so erfährt man durch das Wasserwägen nur das mittlere specifische Gewicht, oder dasjenige, welches aus der gleichförmigen Vertheilung der aggregirten Stoffe in dem Inbegriffe des Körpers entspringen würde. So kann auch ein Körper seinem ganzen Volum nach ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als Wasser, und in seinen eigentlichen Theilen doch ein größeres, wie es z. B. bey Holz, Holzkohlen, wegen der Luft, die sie eingeschlossen enthalten, der Fall ist.

§. 360. Eine andere Methode, die specifischen Gewichte tropfbar-flüssiger Dinge zu bestimmen, giebt der Gebrauch der hydrostatischen Senkwaage, Barylkien, oder Aräometer (Araeometra, Hydrometra), die man auch für besondere Fälle Salzwaagen, Bierwaagen, Branntweinwaagen ꝛc. nennt. Man hat davon zweyerley Gattungen: mit beständigem und mit veränderlichem Gewichte. Jene nennt man auch Aräometer mit Scalen.

„Aräometer oder Leichtigkeitsmesser, entstammt dem Worte ἀραιος leicht, leichtartig. Kr."

§. 361. Aräometer mit unveränderlichem Gewichte (§. 360.) bestehen aus einer Röhre CD (Fig. 127. Taf. XIII.), die unten mit einem hohlen Gefäße AJB zusammenhängt, worin so viel Gewicht, oder besser, Quecksilber sich befindet, daß das Werkzeug sich in der einen oder der andern Art von liquiden Flüssigkeiten bis auf eine gewisse Tiefe senke. Das ganze Gewicht dieser Senkwaage darf nicht so groß seyn, als das Gewicht eines eben so großen Raumsinhalts, der leichtesten unter den tropfbar-flüssigen Materien, deren eigenthümliches Gewicht dadurch noch erforscht werden soll, damit sie darin nicht ganz untersinke. Der Hals der Senkwaage wird in Grade CH, HN, NP, PQ abgetheilt; die

beym Schwimmen des Aräometers in den zu prüfenden Flüssigkeiten darein eingetauchten Theile, z. B. BC und BH, verhalten sich umgekehrt wie die eigenthümlichen Gewichte dieser Flüssigkeiten (§. 344.), auf welchen Satz sich der Gebrauch dieser Senkwaagen gründet.

§. 362. Um vermittelst dieser Aräometer (§. 361.) die Verhältnisse der eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten genau zu bestimmen, ist es nöthig: daß der Hals des Werkzeuges vollkommen cylindrisch sey; daß es völlig senkrecht in den Flüssigkeiten schwimme; daß das Gewicht des Aräometers bekannt sey; und endlich, daß die Abtheilungen der Grade CH, HN, NP, PQ am Halse desselben bekannte Theile dieses Gewichts sind. Am bequemsten ist es, wenn die Senkwaage die Einrichtung hat, daß sie anzeigt, wie vielmal das specifische Gewicht des reinen Wassers im specifischen Gewichte der zu prüfenden flüssigen Materie enthalten ist. Die hierzu erforderliche Eintheilung der Röhre muß durch Versuche und Rechnung gefunden werden. Damit die Aräometer desto empfindlicher sind, und die kleinsten Unterschiede der eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten anzeigen, so muß der Hals derselben in Vergleichung mit dem untern Gefäße sehr dünne seyn.

Tillet, in den *Mémoires de l'académie roy. des sciences*, vom J. 1768. S. 450. *Le Roy*, ebendas. vom J. 1770. S. 528. *De Luc*, in den *philos. Transact.* Vol. LXVIII. S. 500., und im *Journ. de physique*, T. XVIII. S. 480. *Van Swinden* positiones physicae, T. II. P. I. S. 47 ff. Karstens Anfangsgr. der mathemat. Wissenschaften. B. II. S. 198.

§. 363. Der letztern Bedingung wegen müßte eine Senkwaage mit einer sehr langen Röhre versehen seyn, wenn sie zur Bestimmung des Unterschieds der eigenthümlichen Gewichte aller der Flüssigkeiten dienen sollte, deren eigenthümliches Gewicht zwischen ein Paar Gränzen fällt, deren Verhältniß gegen einander wie 1 zu 2 oder nur zu 1½ ist, womit mehr als Eine Unbequemlichkeit verbunden seyn würde, zumal wenn die Abtheilungen an der Röhre das eigenthümliche Gewicht der Flüssigkeiten nach allen zwischen

diese Gränzen fallenden Stufen bis auf Tausendtheilchen vom Gewichte einer eben so großen Menge reinen Wassers anzeigen sollten. Deßhalb ist es nöthig, mehrere dergleichen Senkwaagen zu haben, wovon der Gebrauch einer jeden für solche Flüssigkeiten eingeschränkt ist, deren eigenthümliches Gewicht zwischen ein Paar engere Gränzen fällt, deren Verhältniß etwa nur wie 1 zu 1,100 ist. Die Senkwaagen müssen übrigens aus solchen Materien verfertigt seyn, die von den Flüssigkeiten, zu deren Prüfung sie bestimmt sind, nicht angegriffen werden; am besten sind sie von Glas. Uebrigens ist bey dem Gebrauche aller Senkwaagen zu bemerken: daß sie ganz rein seyen; daß man genau die Stelle, bis an welche sie sich eintauchen, beobachte; und dann, daß die zu prüfende Flüssigkeit eine bestimmte Temperatur habe.

„Vorzügl. empfehlungwürdig ist Tralles hydrostatische Waage, d. i. eine mit Gewichten versehene Senkwaage; vergl. Gilbert's Ann. XXX. S. 384 u. XXXVIII. S. 401. Kr."

§. 364. Sonst richtet man die Abtheilungen der Skale dieser Aräometer mit unveränderlichem Gewichte auch so ein, daß sie, wie z. B. die Branntweinwaagen oder Alcoholometer, bey einer Mischung von Flüssigkeiten gleich angeben, wie viel sie von der einen oder der andern Flüssigkeit enthalte; oder, wie z. B. die Soolwaagen oder Salzspindeln, bey Auflösungen, wie groß der Gehalt des aufgelösten Körpers in der Auflösung sey. Auf diese Weise wird aber der Gebrauch des Aräometers sehr eingeschränkt.

Besser ist es daher, bey gemischten Flüssigkeiten die für die verschiedenen Mischungsverhältnisse gehörigen specifischen Gewichte durch genaue Versuche zu bestimmen und in Tabellen zu bringen, um so im erforderlichen Falle aus dem eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeit das correspondirende Mischungsverhältniß zu erfahren. Wir haben dergleichen schon mit Salzauflösungen und Mischungen von Alcohol und Wasser; und so bedarf es denn keiner besondern Soolwaagen und Branntweinwaagen. „Auf die durch Mischung bewirkte Aenderung der Dichten ist Rücksicht genommen, bey Meißner's Aräometern, vergl.: Die Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik, von M. T. Meißner, Prof. am K. K. polytechn. Instit. in Wien. I—II. Th. Fol. Wien 1816. Kr."

Schmidt, in Gren's neuem Journ. d. Phys. B. III. S. 117 ff.

§. 365. Weil überhaupt aber die Verfertigung der Aräometer mit Scalen, wenn sie die eigenthümlichen Gewichte von Flüssigkeiten genau anzeigen, und überhaupt die nach §. 362. erforderlichen Eigenschaften haben sollen, mit sehr großen Schwierigkeiten verknüpft ist: so kann man nicht anstehen, der zweyten Art der Senkwaagen (§. 360.), den Aräometern mit veränderlichem Gewichte, den Vorzug einzuräumen. Das Einfache in ihrer Construction macht sie eben so empfehlenswerth, als die Allgemeinheit ihres Gebrauchs. Sie lassen sich auch so einrichten, daß sie ohne Rechnung gleich die eigenthümlichen Gewichte der dadurch zu prüfenden Flüssigkeiten im Wasser angeben. Von dieser Art ist das von Hrn. Schmidt beschriebene und von Hrn Ciarcy verfertigte Aräometer, das mit Recht den Namen eines allgemeinen Aräometers verdient. A (Fig. 128 Taf. XIII.) ist ein hohles birnförmiges Gefäß von Glas in seiner natürlichen Größe, welches oben, vermittelst eines massiven Glasstängelchens, die Schaale B trägt, unten aber durch einen etwas stärkern massiven Glasstiel D mit einem kleinern umgekehrt = birnförmigen Gefäße C verbunden ist. Dieses untere Gefäß wird durch eine bey C angebrachte anfänglich offene Spitze mit Quecksilber gefüllt, daß das ganze Werkzeug 700 bekannte Gewichtstheile (halbe Grane des kölnischen Markgewichts) wiegt; und nun sind noch genau 300 Gewichtstheile oben in die Schüssel zu legen, wenn sich das Werkzeug in Regen = oder destillirtes Wasser (bey 15° R.) bis an die mit einem Zeichen versehene Stelle E des Halses einsenken soll. Es wiegt folglich das Volumen des Wassers, das es dann aus der Stelle drängt, 1000 Gewichtstheile. Wenn man nun bey der Prüfung jeder andern Flüssigkeit durch die Veränderung des Auflegegewichts in der Schale es dahin bringt, daß es sich darein bey eben der Temperatur eben so tief bis E einsenke, so giebt das aus der Schale herausgenommene oder hinzugelegte Gewicht den Unterschied zwischen dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit und des Wassers von gleicher Tem=

peratur an. Ferner drückt die Summe der Auflegegewichte und des Gewichts des Aräometers jedesmal das specifische Gewicht der Flüssigkeit aus, wenn das specifische Gewicht des Wassers = 1000 gesetzt ist. Wenn z. B. nur 132 Gewichtstheile in die Schale zu legen nöthig wären, damit die Senkwaage sich bis E in die zu prüfende Flüssigkeit eintauche, so wäre das eigenthümliche Gewicht derselben zu dem des Wassers wie 700 + 132 : 1000, das ist, wie 0,732 : 1,000. Weil die größte Menge der Auflegegewichte nicht gut über 500 Gewichtstheile gehen darf, damit der Schwerpunkt des so belasteten Werkzeuges nicht zu hoch zu stehen komme: so wird noch ein zweytes nach ganz ähnlichen Grundsätzen verfertigt, das 1200 Gewichtstheile, und mit den größten Auflegegewichten über 2000 Gewichtstheile wiegt, um auch für die schwersten Flüssigkeiten zu dienen.

Beschreibung eines sehr bequem eingerichteten allgemeinen Aräometers, vom Herrn *G. G. Schmidt*; in *Grens Journal der Physik*, B. VII. S. 146 ff.

Wilke, in den schwed. Abhandl. B. XXXII. S. 279 ff.

„Vergl. auch Meißner a. a. O. Kr."

„Richter's und ähnliche allg. Aräometer stellen einen oder mehrere lange Glascylinder dar, die um so tiefer in die zu prüfende Flüssigkeit eintauchen, und diese Tauchtiefe an der graduirten Skale anzeigen, je weniger Widerstand die Flüssigkeit liefert, d. h. je mehr sie specifisch leicht ist. — Jedoch muß bey diesen und allen ähnlichen Instrumenten Rücksicht genommen werden, auf die verschiedene Adhäsion (§. 152). des Glases (Metalls ꝛc. und überhaupt der Substanz des eintauchenden Instruments) zu den verschiedenen Flüssigkeiten. Kr."

§. 366. Die Aräometer mit veränderlichem Gewichte lassen sich auch zur Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts fester Körper einrichten. Hierher gehört das Nicholsonsche Aräometer, das dazu sehr bequem eingerichtet ist, und auch den Vortheil hat, daß dadurch jedesmal mehrere Stücke eines festen Körpers gewogen werden können, die einzeln zu klein seyn würden, um mit Genauigkeit ihr specifisches Gewicht zu bestimmen. Fig. 129. (Taf. XIII.) zeigt das Instrument, das aus weißem Bleche verfertigt werden kann. Es ist so eingerichtet, daß es im Wasser vertical schwimme, und dabey noch ein Theil des Körpers

OT hervorrage. Unten ist ein kegelförmiger Eimer E befestigt, in welchem, um den Schwerpunkt herabzubringen, ein passendes conisches Stück Bley liegt. Es sind also Auflegegewichte auf die Schale F nöthig, damit es sich bis an das Zeichen b des dünnen Drathes, der die Schale F trägt, einsenke. Diese Gewichte merkt man ein für allemal. Wenn man nun einen festen Körper (dessen Gewicht aber jene nicht übertreffen darf) untersuchen will, so legt man ihn auf die Mitte der leeren Schale F des im Wasser schwimmenden Instruments, und noch so viel Gewichte zu, daß die Senkwaage sich bis e eintauche. Die zuzulegenden Gewichte abgezogen von den vorigen, ein für allemal bestimmten Auflegegewichten, giebt im Reste, was der Körper in der Luft wiegt. Man legt hierauf den Körper in den Eimer E, und läßt das Werkzeug wieder im Wasser schwimmen. Weil nun der Körper im Wasser von seinem Gewichte verliert, so wird man zu den Gewichten in der Schale noch hinzulegen müssen, damit das Aräometer sich wieder bis e eintauche. Diese zuzusetzenden Gewichte werden anzeigen, wie viel der feste Körper im Wasser verliert; und das absolute Gewicht desselben in der Luft, dividirt durch diesen Verlust im Wasser, wird folglich angeben, wie groß sein eigenthümliches Gewicht gegen das zur Einheit angenommene des Wassers sey.

Beschreibung eines sehr bequemen Instruments zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Materialien, von Herrn Haüy; in Gren's Journ. d. Phys. B. V. S. 362 f.

„Um das Anhängen von Luftblasen am Eymerchen zu verhüten thut man wohl, dasselbe unten zu durchbohren. Kr."

§. 367. Das Abwägen der Flüssigkeiten in einem Gefäße, das genau bis zu einerley Höhe damit gefüllt wird, giebt noch eine Methode zur Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts derselben, weil sich dieses verhält, wie die absoluten Gewichte bey gleichem Volum. Indessen gewähret diese Methode doch keine große Genauigkeit, und ist leicht Irrthümern unterworfen.

§. 368. Folgende Tabelle giebt das eigenthümliche Gewicht mehrerer Materien gegen das zur Einheit angenommene des reinen Wassers an:

1) Metalle.

Platin, gehämmert	21 (Wollaston)
— geschmiedet	21,061 (Sickingen)
— geschmolzen	19,500 (Brisson) *)
— geschmiedet	20,336
— zu Drath gezogen	21,041
— in Blechen	22,069
Gold,	19,640 (Muschenbroek)
— gegossen	19,258 (Brisson)
— gehämmert	19,361
Scheelium	17,22 (Allen)
Palladium	11,4 bis 11,87 (Wollaston)
Rhodium	11 (Wollaston)
Silber	10,542 (Muschenbroek)
— gegossen	10,474 (Brisson)
— gehämmert	10,510
Uran	9 (Bucholz)
Kupfer, gegossen	7,788 (Brisson)
— schwedisches, zu Drath gezogen	8,895 (Hatchett)
— japanisches, gegossen	8,726 (Muschenbroek)
— — geschmiedet	9,000
— — Eisen, Roheisen	7,207 (Brisson)
— Stangeneisen	7,788
— — schwed.	7,765 (Muschenbroek)
— Stahl	7,833 (Brisson)
— — geschmiedet, nicht gehärtet	7,840
— — — und gehärtet	7,810
Zinn, von Cornwall, gegossen	7,291
— — — gehämmert	7,299
— von Malacca, gegossen	7,296
— — —	7,331 (Muschenbroek)
— — —, gehämmert	7,306 (Brisson)
— von Bancas	7,216 (Muschenbroek)
Bley, gegossen	11,352 (Brisson)
— —	11,445 (Muschenbroek)
Zink, gegossen	7,190 (Brisson)
— Goslarscher	7,215 (Muschenbroek)
Wismuth, gegossen	9,822 (Brisson)
— — —	9,670 (Bergmann)
Kobalt	8,54 bis 8,70 (Lampadius, Tassaert)
Spießglanz, gegossen	6,702 (Brisson)
— —	6,860 (Bergmann und Hatchett)
— —	6,71 (Hatchett)

*) Jeder Name gilt bis zum folgenden Namen, ausgenommen wo bis folgt.

Arsenik	8 508 (Bergmann)
Mangan	6,99 (Hielm)
—	8,01 (John)
Quecksilber	13,568 (Brisson)
—	13,619 bey 0° R. (Cavallo)
— gefrornes	14,4 (Cavallo)
Tellur	6,11 (Klaproth)
Nickel, gehämmert	8,67 (Richter)
Molybdän	8,60 (Bucholz)
Chrom	5,90 (Richter)
Baryum	4 (Davy)
Natronium	0,93 (Davy)
Kalium	0,60 (Davy)

2) Erden und Steine.

Kreide		2,252 (Muschenbroek und Karsten)
Carrarischer Marmor		2,716 (Brisson)
Parischer —		2,837
Isländischer Kalkspath		2,715
Flußspath		3,155 (Kirwan)
	bis	3,191 (Brisson)
Apatit		2,824
	bis	3,218 (Kirwan)
Tungstein		6,01 (Klaproth)
Witherit		4,36 (Karsten)
Schwerspath, dichter		4,08 — 4,48 (Karsten)
Meerschaum		1,21 (Karsten)
Venetianischer Talk		2,7[illegible] (Muschenbroek)
Speckstein		2,58 (Karsten)
Schwimmstein		0,45 (Karsten)
Boracit		2,566 (Westrumb)
Töpferthon		2,08 (Karsten)
Glimmer, gemeiner		2,75
— russischer		2,790 (Brisson)
Bergkrystall		2,655 (Brisson)
— nelkenbrauner		2,685 (Karsten jun.)
— schneeweißer		2,888 (Karsten)
Quarz		2,647
	bis	2,654 (Brisson)
Amethyst		2,651 (Kirwan)
— faseriger		2,014 (Karsten)
Smaragd		2,775 (Brisson)
—		2,678 (Karsten)
Beryll, sibirischer		2,722 (Brisson)
— brasilianischer		2,782
— blaßhimmelblauer aus Sibirien		2,671 (Karsten)
Prasem		2,580 (Brisson)
Orientalischer Rubin		4,283
		2,014 (Karsten)

Orientalischer Topas		4,010	(Brisson)
Topas von Muela in Kleinasien		3,611	(Karsten)
Orientalischer Sapphir		3,994	(Brisson)
	bis	4,038 4,203	(Karsten
Spinell		3,760	(Brisson)
		3,570	(Klaproth)
Brasilianischer Rubin		3,531	(Brisson)
Brasilianischer Topas		3,536	(Brisson)
		3,576	(Karsten)
Sächsischer Topas		4,564	(Brisson)
		3,540	(Karsten)
Sibirischer ächter Aquamarin		3,657	(Karsten)
Brasilianischer Sapphir		3,150	(Brisson)
Hyacinth		4,000	(Karsten)
Ceylonischer Zirkon		4,416	(Brisson)
Orientalischer Granat		4,352	(Karsten)
Leucit		2,468	(Brisson)
Chrysoberyll		3,698	
	bis	3,719	(Kirwan)
Chrysolith		3,340	
	bis	3,410	(Werner)
	und	3,449	(Karsten)
Olivin		2,960	
	bis	3,225	(Kirwan)
Augit		3,296	(Karsten)
Vesuvian		3,441	(Karsten)
Obsidian		2,348	(Brisson)
Schörlartiger Beryll		3,530	(Klaproth)
Schwarzer Stangenschörl		3,363	(Brisson)
Brasilianischer Turmalin		3,150	
	bis	3,155	
dergl. grasgrün		3,205	(Karsten)
Thumer Stein		3,295	(Kirwan)
Prehnit		2,942	
Zeolith		2,085	
	bis	2,075	(Brisson)
— von Edelfors		2,486	
Kreuzstein		2,355	
	bis	2,361	(Kirwan)
Lasurstein		2,896	
Chrysopras		2,479	
Edler Opal		2,144	(Blumenbach)
Halbopal		1,700	
	bis	2,118	(Kirwan)
Gemeiner Opal		1,958	
	bis	2,075	(Klaproth)
Pechstein		2,049	
	bis	2,319	(Brisson)
Hyalith		2,110	(Kirwan)
Chalcedon		2,664	(Brisson)
Carneol		2,615	

Katzenauge		2,560	
	bis	2,660	(Kirwan)
Bimstein		0,914	(Brisson)
Demantspath		3,710	(Klaproth)
Granit		2,538	
	bis	2,956	(Brisson)
Porphyr		2,765	
	bis	2,795	
Sandstein		2,111	
	bis	2,561	

3) Erdharze.

Bergnaphtha		0,708	(Muschenbroek)
Petroleum		0,854	
Asphalt		1,205	
	bis	1,744	
Steinkohle		1,270	
	bis	1,500	
Bernstein		1,065	
	bis	1,110	
Braunkohle		1,019	
	bis	1,292	(Gren)

4) Schwefel.

Natürlicher Schwefel		2,033	(Brisson)
Stangenschwefel		1,800	(Muschenbroek)
	bis	1,990	(Brisson)

5) Kohlige Substanzen des Mineralreichs.

Graphit		1,860	(Muschenbroek)
Kohlenblende		1,468	(Groß)
Diamant		3,49	(Karsten)
	bis	3,68	(Karsten)

6) Metall-Oxyde und Erze.

Weißer Arsenik		3,694	(Muschenbroek)
Rother Arsenik		3,225	
Operment		3,315	
Gelber Arsenik		3,[illegible]1	
Galmey		2,560	
	bis	4,[illegible]9	
Tutia		4,615	
Schwefelkies		4,789	
	bis	4,912	

Kupferkies		5,800 (Muschenbroek)
	bis	4,15
Graues Spießglanzerz		4,700
	bis	4,858
Glas vom Spießglanze		4,760
	bis	5,280
Rothgültigerz von Joh. Georgenstadt		5,564
Zinnober, natürlicher		6,188
	bis	7,710
— künstlicher		7,858
	bis	8,002
Bleyglätte		6,044
Bleyglanz		7,220
Molybdän		4,738 (Brisson)

7) Künstliche Verglasungen.

Bouteillenglas, grünes		2,642 (Brisson)
Weißes Krystallglas		2,892
	bis	2,488
Englisches Flintglas		3,329
Porzellan von Sevres		2,145
— von Limoges		2,341
— von China		2,384

8) Salze.

Vitriolöl		1,885 (Kirwan)
	bis	1,700 (Muschenbroek)
Rauchende Salpetersäure		1,585
— Kochsalzsäure		1,194 (Brisson)
Boraxsäure		1,479 (Muschenbroek)
Arsenikfäure		3,391 (Bergmann)
Roher Essig		1,015 (Brisson)
Destillirter Essig		1,009
Roher Weinstein		1,849 (Muschenbroek)
Weinsteinrahm		1,900
Aetzender Salmiakgeist		0,890
		0,897 (Brisson)
Zerflossenes Weinsteinsalz		1,550 (Muschenbroek)
Vitriolisirter Weinstein		2,298
Glaubersalz		2,246
Salpeter		1,900
Rhomboidalsalpeter		1,869
Reines Kochsalz		1,968 (Henry)
Steinsalz		2,145 (Muschenbroek)
		2,088
Digestivsalz		1,836
Reiner sublimirter Salmiak		1,420
Borax		1,720

Alaun	1,714	(Muschenbroek)
Bleyzucker	2,395	
Englischer Vitriol	1,880	
Zinkvitriol	1,900	
Weisser Zucker	1,606	

9) Spirituöse Flüssigkeiten.

Schwefelnaphtha	0,717	(Saussure)
Salzäther	0,729	(Cavallo)
Blausäure	0,706	(Gay-Lussac)
Alcohol (der reinste)	0,791	
Burgunder Wein	0,991	(Brisson)
Maderawein	1,038	
Weisser Franzwein	1,020	(Muschenbroek)
Frontignac	1,008	
Mallágawein	1,015	
Rother Capwein	1,018	
Weisser —	1,059	
Pontac	0,995	
Champagnerwein	0,962	
Moseler	0,916	
Rheinwein	0,999	

10) Aetherische Oele.

Lavendelöl	0,893	(Brisson)
Nelkenöl	1,034	(Muschenbroek)
Pomeranzenöl	0,888	
Zimmtöl	1,055	
Sassafrasöl	1,094	
Rosmarinöl	0,934	
Fenchelöl	0,997	
Wacholderöl	0,911	
Krausemünzenöl	0,975	
Terpentinöl	0,792	

11) Fette Oele und thierische Fette.

Rindertalg	0,965	(Muschenbroek)
Hammeltalg	0,943	
Schweineschmalz	0,954	
Gelbes Wachs	0,960	
Weisses Wachs	0,966	
Baumöl	0,913	
Leinöl	0,952	
Rübsaamenöl	0,853	
Cacaobutter	0,891	(Brandis)
Süsses Mandelöl	0,923	(Muschenbroek)
Butter	0,942	(Brisson)
Wallrath	0,943	

10 Gum-

12) Gummi s, Harze, Gummiharze.

Arabisches Gummi		1,452	(Brisson)
Tragantb		1,316	
Weißes Pech		1,072	
Sandarac		1,092	
Mastix		1,074	
Storax		1,109	
Copal		1,045	
	bis	1,139	
Elemi		1,018	
Anime		1,028	
Ladanum		1,186	
Guayac		1,122	
Jalappenharz		1,218	
Drachenblut		1,204	
Gummilack		1,139	
Tacamahac		1,046	
Benzoe		1,092	
Caranna		1,124	
Ammoniakgummi		1,207	
Hederagummi		1,294	
Galbangummi		1,212	
Sarcocella		1,268	
Opoponax		1,622	
Gummigutt		1,221	
Euphorbium		1,124	
Olibanum		1,173	
Myrrhe		1,360	
Scammoneum		1,235	
Stinkender Asand		1,327	
Bdellium		1,371	
Federharz		0,933	
Campher		0,988	
Aloe		1,358	
Opium		1,336	
Indigo		0,769	

13) Einige thierische Substanzen.

Elfenbein		1,825	(Muschenbroek)
Wallroßzahn		1,935	
Orientalischer Bezoar		1,530	
	bis	1,640	
Harnblasenstein		5,664	
	bis	1,700	
Krystallinischer Gallenstein		0,803	(Gren)
Rothe Corallen		2,689	(Muschenbroek)
Orientalische Perlen		2,750	
Krebsaugen		1,890	
Hühnereyer		1,090	

14) Holzarten.

Indianisches Cedernholz	1,315 (Muschenbroek)
Buxbaumholz	1,328 u. 0,919
Brasilienholz	1,031
Ebenholz	1,209
Fernambukholz	1,014
Franzosenholz	1,333
Mahagoniholz	1,063
Griesholz	1,200
Altes Eichenholz	1,666
Eichenholz vom Stamme	1,929
Eichenholz vom grünen Aste	0,870
Rhodiserholz	1,125
Weißes Sandelholz	1,041
Rothes —	1,128
Campescheholz	0,913
Büchenholz	0,852
Gelbes Sandelholz	0,809
Erlenholz	0,800
Ahornholz	0,755
Eschenholz	0,734
Apfelholz	0,795
Pflaumenholz	0,785
Haselnholz	0,600
Birnen	0,661
Ulmenholz	0,600
Lindenholz	0,604
Weidenholz	0,585
Wacholderholz	0,556
Sassafrasholz	0,482
Tannenholz	0,550
Pappelnholz	0,383
Korkholz	0,204
15) Phosphorus	1,714
16) Holzkohle	0,280 bis 0,441 (Hielm)
17) Eis	0,916 (Muschenbroek)
Reines Wasser	1,000

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1417. Pésanteur specifique des corps — par Mr. *Brisson*, à Paris 1787. 4.

Versuch einer mineralogischen Beschreibung von Landeck. Von Leop. von Buch.

„Ueber das eigenthümliche Gewicht einiger Luftarten hat Lavoisier genaue Untersuchungen angestellt. Die Resultate derselben, die er in seinem Systeme der antiphlogistischen Chemie liefert, nebst ihren Reductionen auf Berliner Maaß und Gewicht, sind folgende:

	Der Par. Cub. Zoll wiegt in französ. Mark-Gewicht.	Der Berl. Duod. Cub. Zoll wiegt in deutschem Med.-Gewicht
Atmosphärische Luft	0,46005	0,5644
Azot-Luft	0,44444	0,5520
Oxygen-Luft	0,50694	0,4015
Hydrogen-Luft	0,03539	0,0280
Kohlensaure Luft	0,68985	0,5464
Nitröse Luft	0,54690	0,4531
Flüchtig alkalische Luft	0,27488	0,2177
Unvollkommen schwefelsaure Luft	1,05820	0,8222

Alle diese Bestimmungen setzen voraus 28 Par. Zoll Barometerhöhe und 10° Temperatur, nach der 80theiligen Scale F."

Uebersicht der specifischen Gewichte der Gase, das der atmosphärischen Luft zur „Einheit" angenommen Aus d. Franz. vom Herausgeber*).

*) Nachfolgende, nach den neuesten Beobachtungen entworfene Uebersicht der „Eigengewichte" oder der Dichtigkeitsverhältnisse der Gase, wird um so belehrender, wenn man damit die Tabelle über die specifische Wärme der genannten Stoffe vergleicht; siehe m. Einleitung S. 187 u. 193. — Neuere Physiker bezeichnen alle ausdehnsame Flüssigkeiten mit dem Ausdrucke Gas. K.

Namen der Gase.	Dichtigkeit derselben bestimmt durch den Versuch.	Berechnete Dichte.	Namen des Beobachters.
Atmosphärische Luft	1,0000		
Jode -Gas	—	8,6195	Gay-Lussac.
Jodsäureäther —	5,4749	—	Ders.
Terpentinöl —	5,0130	—	Ders.
Jodwasserstoff —	4,4430	—	Ders.
Fluorinsicilium —	3,5735	—	John Davy.
Chlorinkohlenstoff —	—	5,5894	Ders.
Kohlenstoffschwefel —	2,6447	—	Gay-Lussac.
Schwefeläther —	2,5860	—	Ders.
Chlorin —	2,4700	2,4216	G.-L. u. Thenard.
Euchlorin —	—	2,5782	John Davy.
Fluorinboron —	2,3709	—	Ders
Salzäther —	2,2119	—	Thenard
Schweflichtsaures —	2,1204	—	Thenard u. G.-L.
Chlorinblaustoff —	—	2,1110	Gay-Lussac
Blaustoff —	1,8064	1,8011	Ders.
Absol. Alcohol —	1,6133	—	Ders.
Stickstoffprotoxyd —	1,5204	1,5209	Colin.
Kohlensaures —	1,5196	—	Biot und Arago.
Salzsaures —	1,2474	—	Dies.
Schwefelwasserstoff —	1,1912	—	Thenard u. G.-L.

Namen der Gase.	Dichtigkeit derselben bestimmt durch den Versuch.	Berechnete Dichte.	Namen des Beobachters
Sauerstoff - Gas	1,1056	—	Biot und Arago.
Salpeter —	1,0388	1,0364	Bérard
Oelbildendes —	0,9780	—	Th. v. Saussure.
Stick —	0,9691	—	Arago und Biot.
Kohlenoxyd —	0,9569	0,9678	Cruikshank
Blausaures —	0,9476	0,9360	Gay-Lussac
Phosphorwasserstoff —	0,8700	—	Humphry Davy.
Wasser —	0,6235	0,6240	Gay-Lussac,
Ammoniak —	0,5967	—	Biot und Arago.
Kohlenstoffwasser —	0,5550	—	Thomson.
Arsenikwasserstoff —	0,5290	—	Trommsdorff.
Wasserstoff —	0,0732	—	Biot und Arago.

§. 369. Man kann von diesen Tabellen allerley nützliche Anwendungen machen. Denn außerdem, daß sich durch Vergleichung des gefundenen eigenthümlichen Gewichts einer gegebenen Substanz mit dem in dem Verzeichnisse angegebenen auf die Reinheit oder Aechtheit derselben in vielen Fällen schließen läßt, kann man auch dadurch einen Schluß auf den stöchiometrischen Werth der Substanz machen, (vergl. §. 177. u. ff.) und das Gewicht des Cubikzolles oder des Cubikfußes der darin angegebenen Materien finden, wenn man die Zahl, die ihr specifisches Gewicht angiebt, mit dem Gewichte des Cubikzolles oder Cubikfußes Wasser (§. 353.) multiplicirt. So z. B. wiegt ein Cubikfuß (paris.) Wasser 69,015 Pf (paris.): folglich wiegt ein (paris.) Cubikfuß Quecksilber 13,674 X 69,015 Pf. = 943,711 Pf. (paris.), oder 989,682 Pf. (Köln) Gewicht.

1) Hierher gehört auch das sogenannte Archimedeische Problem. Nach Vitruvs Erzählung (de architectura, Lib. 9. Cap. 3.) hatte sich der König Hiero zu Syracus eine goldene Krone machen lassen, und kam auf den Verdacht, daß ihm der Goldarbeiter dabey einen Theil Gold entwendet, und dagegen eben so viel Silber dem Golde zugesetzt habe. Archimedes sollte prüfen, ob der Verdacht gegründet sey, und er habe durch Wasserwägen den Betrug bestimmt, und das Verhältniß des Goldes zum Silber in der Krone angegeben. Archimedes Bücher περι των οχουμενων handeln nur von schwimmenden Körpern.

und enthalten nichts von jenem Probleme. Man hält daher auch die Erzählung nach Vitruv für Fabel.

Und da die Metalle bey ihrem Zusammenschmelzen mehr oder weniger in einander greifen. und nicht mehr die Dichtigkeit behalten, die sie der Berechnung zu Folge haben sollten (§. 184.): so sieht man leicht, daß weder das Verhältniß noch die Art der Zusammensetzung des falschen Goldes durch bloße Bestimmung des Eigengewichts ausgemittelt werden konnte.

2) Wenn man Kochsalz in Wasser auflöset, so ist der Raum, welchen die Auflösung einnimmt, nicht mehr gleich der Summe der Räume des Kochsalzes und des Wassers. Es sind also eigene Beobachtungen und darauf gegründete Rechnungen nöthig, um aus dem specifischen Gewichte der Salzsolution die Menge des Salzes zu finden, die in einem gegebenen Gewichte der Salzsoole enthalten ist. Lambert (Histoire de l'acad. de Prusse 1762. T. XVIII. S. 27 ff.) hat eine solche Tabelle berechnet.

„Eine Anleitung, um aus dem specifischen Gewichte der Mischung, mit Rücksichtsnahme auf die Ausdehnung durch Wärme, das Mischungsverhältniß zweyer Materien zu finden, enthalten Bischoff's Untersuchungen zur näheren Bestimmung der eigenthümlichen Schwere, der Ausdehnung durch Wärme, des Gehalts, der Verminderung der Räume bey der Vermischung, und des Gefrier- und Siedepunktes der Salzsoolen, mit Soolgehaltstabellen ꝛc. Gilberts Ann. XXV. S. 311 und Tralles Untersuchungen über die specif. Gewichte der Mischungen aus Alcohol und Wasser, und Tafeln für den Gebrauch und die Verfertigung der Alcoholometer ꝛc.; a. a. O. XXXVIII. 540 u. ff. Bischoff's Versuchen zu Folge hat die Soole bey 13° R. ein specif. Gewicht von 1,005, wenn sie 0,709, ein specif. Gewicht von 1,077, wenn sie 10,5517, ein spec. Gewicht von 1,150, wenn sie 20,155 und von 1,209, wenn sie 27,5482 Procent oder Löthigkeit Kochsalz enthält. Gilbert's Ann. LI. S. 597. Kr."

Gesetzt, die Soole ist in ihrem eigenthümlichen Gewichte 1,175, so füllen, nach Lambert, 1175 Gr. derselben eben so viel Raum, als 1000 Gr. Wasser, und es sind in diesen 1175 Gr. 280 Gr. Salz; oder das in ihr befindliche Salz beträgt $\frac{280}{1175}$ ihres Gewichts. Nach der Regel de tri kann man nun leicht finden, wie viel Salz in einem Pfunde solcher Soole sey: denn, wenn 1175 Gr. Soole 280 Gr. Salz enthalten, so sind in 1 Pf. oder 7680 Gr. Soole 1830 Gr. Salz.

3) Wenn Alcohol und Wasser mit einander vermischt werden, so ist das eigenthümliche Gewicht nach der Vermischung nicht so, als es der Berechnung zu Folge nach ihrem respectiven eigenthümlichen Gewichte seyn sollte. Um also aus dem eigenthümlichen Gewichte der Mischung das Verhältniß beyder Ingredienzien zu erfahren, sind vorläufige Versuche und nähere Bestimmungen nöthig. Herr Gilpin in England hat dergleichen Versuche über die Aenderungen der Dichtigkeit des Alcohols und Wassers, wenn sie in verschiedenen Verhältnissen mit einander vermischt werden, in zahlreicher Menge, und zwar für verschiedene Grade von Wärme von 30 bis 80° F., angestellt, und Tabellen entworfen, nach welchen man aus dem eigenthümlichen Gewichte des Gemisches den Gehalt an Alcohol oder Was-

ser finden kann. Ich habe eine solche Tabelle desselben für die Temperatur von 60° F mitgetheilt (Versuche über die Aenderung der Dichtigkeiten bey Vermischung von Alcohol und Wasser, von Herrn Gilpin; in Grens neuem Journ. der Phys. B. II. S. 365 ff.). Herr Gilpin nimmt darin das eigenthümliche Gewicht des Alcohols 0,825 an. Indessen hat Herr Lowitz gezeigt, daß Alcohol von diesem eigenthümlichen Gewichte selbst noch nicht wasserfrey sey, und daß er durch die stärkste Entwässerung bis 0,791 (bey 68° F.) herabgebracht werden könne. Er selbst hat darnach eine Tabelle der eigenthümlichen Gewichte für die Gemische von solchem Alcohol und Wasser entworfen, die ich hier mittheile:

Eigenthüml. Gewicht	des Gemisches aus	
0,791	100 Th. Alcohol	0 Th. Wasser.
0,794	99 . —	1 . —
0,797	98 . —	2 . —
0,800	97 . —	3 . —
0,803	96 . —	4 . —
0,805	95 . —	5 . —
0,808	94 . —	6 . —
0,811	93 . —	7 . —
0,813	92 . —	8 . —
0,816	91 . —	9 . —
0,818	90 . —	10 . —
0,821	89 . —	11 . —
0,823	88 . —	12 . —
0,826	87 . —	13 . —
0,828	86 . —	14 . —
0,831	85 . —	15 . —
0,834	84 . —	16 . —
0,836	83 . —	17 . —
0,839	82 . —	18 . —
0,842	81 . —	19 . —
0,844	80 . —	20 . —
0,847	79 . —	21 . —
0,849	78 . —	22 . —
0,851	77 . —	23 . —
0,853	76 . —	24 . —
0,856	75 . —	25 . —
0,859	74 . —	26 . —
0,861	73 . —	27 . —
0,863	72 . —	28 . —
0,866	71 . —	29 . —
0,868	70 . —	30 . —
0,870	69 . —	31 . —
0,872	68 . —	32 . —
0,875	67 . —	33 . —
0,877	66 . —	34 . —
0,880	65 . —	35 . —
0,882	64 . —	36 . —
0,885	63 . —	37 . —
0,887	62 . —	38 . —
0,889	61 . —	39 . —

Eigenthüml. Gewicht	des Gemisches aus			
	60 Th. Alcohol		40 Th. Wasser.	
0,892	60 Th.	Alcohol	40 Th.	Wasser.
0,894	59 .	—	41 .	—
0,896	58 .	—	42 .	—
0,899	57 .	—	43 .	—
0,901	56 .	—	44 .	—
0,903	55 .	—	45 .	—
0,905	54 .	—	46 .	—
0,907	53 .	—	47 .	—
0,909	52 .	—	48 .	—
0,912	51 .	—	49 .	—
0,914	50 .	—	50 .	—
0,917	49 .	—	51 .	—
0,919	48 .	—	52 .	—
0,921	47 .	—	53 .	—
0,923	46 .	—	54 .	—
0,925	45 .	—	55 .	—
0,927	44	—	56 .	—
0,930	43 .	—	57 .	—
0,932	42 .	—	58 .	—
0,934	41 .	—	59 .	—
0,936	40 .	—	60 .	—
0,938	39 .	—	61 .	—
0,940	38 .	—	62 .	—
0,942	37 .	—	63 .	—
0,944	36 .	—	64 .	—
0,946	35 .	—	65 .	—
0,948	34 .	—	66 .	—
0,950	33 .	—	67 .	—
0,952	32 .	—	68 .	—
0,954	31 .	—	69 .	—
0,956	30 .	—	70 .	—
0,957	29 .	—	71 .	—
0,959	28 .	—	72 .	—
0,961	27 .	—	73 .	—
0,963	26 .	—	74 .	—
0,965	25 .	—	75 .	—
0,966	24 .	—	76 .	—
0,968	23 .	—	77 .	—
0,970	22 .	—	78 .	—
0,971	21 .	—	79 .	—
0,973	20 .	—	80 .	—
0,974	19 .	—	81 .	—
0,976	18 .	—	82 .	—
0,977	17 .	—	83 .	—
0,978	16 .	—	84 .	—
0,980	15 .	—	85 .	—
0,981	14 .	—	86 .	—
0,983	13 .	—	87 .	—
0,985	12 .	—	88 .	—
0,986	11 .	—	89 .	—
0,987	10 .	—	90 .	—

Eigenthüml. Gewicht	des Gewichts aus					
0,988	9	Th.	Alcohol	91	Th.	Wasser.
0,989	8	.	—	92	.	—
0,991	7	.	—	93	.	—
0,992	6	.	—	94	.	—
0,994	5	.	—	95	.	—
0,995	4	.	—	96	.	—
0,997	3	.	—	97	.	—
0,998	2	.	—	98	.	—
0,999	1	.	—	99	.	—
0,000	0	.	—	100	.	—

Sechstes Hauptstück.

Phänomene gewichtiger, ausdehnsamer Flüssigkeiten.

§. 370.

Wir betrachten diejenigen Phänomene der Gase oder schweren, ausdehnsamen Flüssigkeiten (§. 136.), welche dieselben, abgesehen von ihren besondern chemischen Werthen, nur durch ihre Gewichtigkeit und durch ihre Ausdehnsamkeit hervorbringen. Der Kürze wegen bedienen wir uns des Ausdrucks Luft, zur Bezeichnung aller expansibeln Flüssigkeiten. An der atmosphärischen Luft, die wir allenthalben antreffen, können wir am besten die Phänomene, die allen expansibeln Flüssigkeiten gemeinsam sind, beobachten, und wir können uns daher ihrer am bequemsten zur Anstellung der hierher gehörigen Erfahrungen und Versuche bedienen. Das, was wir von ihr als ausdehnsamer Flüssigkeit sagen, gilt von allen andern ausdehnsamen Flüssigkeiten, die auch eben so durch ihr Gewicht und ihre Expansibilität wirken würden, wenn sie an der Stelle der Luft die Atmosphäre um die Erde bildeten.

§. 371. Ein expansibles Fluidum hat als solches ein Bestreben, einen größern Raum zu erfüllen (§. 131.), und übt solchergestalt Druck gegen jedes Hinderniß seiner Expansion aus. Ferner widersteht es bey der Verengung seines Raumes vermöge seiner Expansivkraft.

§. 372. Die Luft ist expansibel, und dehnt sich, wenn kein Hinderniß ihrer Expansion da ist, zu einem Raume aus, dessen Grenzen man nicht kennt. So wie aber der Raum wächst, zu welchem eine Masse Luft sich ausdehnt, so nimmt auch ihre Expansivkraft ab, weil sie nun nicht mehr mit demselbigen Grade von Kraft ihren Raum erfüllt (§. 50.).

§. 373. Bey der Ausdehnung einer Masse Luft in einem größern Raum nimmt ihre Dichtigkeit ab; und die Dichtigkeit, die sie übrig behält, verhält sich zur vorigen Dichtigkeit, wie der Raum, den sie vorher einnahm, zu dem Raume, in welchen sie sich ausgedehnt hat.

§. 374. Die Luft ist compressibel. Ueber die Kraft, mit welcher die Luft sich auszudehnen strebt, ist eine größere möglich, und durch diese läßt sich die Luft auch wirklich in einen engern Raum pressen. Je mehr die Luft aber zusammengepreßt wird, um desto mehr wächst ihre Dichtigkeit und der Grad der Kraft, womit sie ihren Raum erfüllt; desto mehr widersteht sie folglich der sie zusammendrückenden Kraft. Der Grad der Zusammendrückung hat folglich für unsere endlichen Kräfte seine Grenzen.

§. 375. Wenn eine Masse Luft im Gleichgewichte ihrer Theile ist, so ist die Expansivkraft jedes Punktes derselben dem Drucke derselben auf diesen Punkt gleich.

§. 376. Ein elastisches Fluidum wirkt auf das Hinderniß seiner Expansion mit derselbigen Kraft, mit der es zusammengedrückt worden ist. Die Luft in einem Gefäße übt also gegen die Wände desselben eben denselbigen Druck aus, als die Kraft ausüben würde, mit der sie bis zu ihrem

dermaligen Grade der Dichtigkeit zusammengepreßt worden ist.

§. 377. Die Luft ist eine schwere expansible Flüssigkeit, und muß also durch ihr Gewicht Druck ausüben. Höher liegende Luftschichten müssen also auf die darunter liegenden durch ihr Gewicht pressen.

§. 378. Wenn demnach die ganze Masse Luft sich selbst überlassen im Gleichgewichte ist, so kann ihre Dichtigkeit nicht durchaus gleichförmig seyn; die untern Schichten müssen, wegen der Compressibilität der Luft (§. 374.) und des Gewichts der darüber liegenden Schichten, in einen engern Raum gepreßt, folglich dichter seyn; es muß also die Dichtigkeit der Schichten hinabwärts wachsen. Mit der Zunahme der Dichtigkeit der tiefer liegenden Luftschichten muß aber auch die Expansivkraft derselben zunehmen; und die absolute Ausdehnsamkeit jedes Theiles derselben muß dem Gewichte der ganzen darüber stehenden Säule proportional seyn (§. 376.)

§. 379. Die Erfahrung bestätigt dieß an der atmosphärischen Luft. Wenn man eine gläserne recht trockene Röhre, die an einem Ende geschlossen und länger ist, als 28 paris. Zoll, mit reinem gekochten Quecksilber ganz anfüllt, das offene Ende mit dem Finger zuhält, hierauf umkehrt, und, nachdem man es in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht hat, die Röhre vertical hält und den Finger von der Oeffnung wegzieht: so bleibt das Quecksilber darin etwa 28 paris. Zoll über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße zurück, durch den Druck der Luft, der auf die Fläche des Quecksilbers im Gefäße einseitig ist. **Evangelista Torricelli** stellte diesen an Folgerungen so fruchtbar gewesenen Versuch zuerst im Jahr 1643 an, und bewies dadurch die Schwere der Luft. Die Röhre mit dem Quecksilber darin heißt daher auch die **torricellische Röhre** (Tubus torricellianus), und der Raum über dem Quecksilber in der Röhre die **torricellische Leere** (Vacuum torricellianum).

Casp. Schotti Technica curiosa. Herbipol. 1664. 4
S. 192 ff.

Daß aber der Druck der Luft von dem angeführten Pl
die Ursach sey, das folgt nicht nur unmittelbarer Weise aus i
sondern wird auch dadurch bestätigt: 1) daß durch Wegnahme
über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße unter der Luftpum
einem in der Folge anzustellenden Versuche, das Quecksilber i
ricellischen Röhre hinabsinkt; 2) daß das Quecksilber ganz he
so bald die Röhre oben geöffnet wird, und also der Druck der L
mehr einseitig ist; 3) daß das Quecksilber nach hydrostatischen
in der Röhre um eben so viel höher steigt, als das Niveau d
silbers außerhalb höher wird; 4) daß, wenn die Röhre en
ist, beym senkrechten Herausziehen derselben aus dem Ge
Quecksilber in derselben in die Höhe getrieben wird, und obe
bleibt.

§. 380. Da der Druck der Luft so groß sey
als der Gegendruck des Quecksilbers in der torric
Röhre, so können wir hieraus mit Recht schließen,
Druck der Atmosphäre gegen jede gegebene Fläche
sey, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von ebe
Grundfläche und der Höhe in der torricellischen Röhr

Ein paris. Cubikfuß Quecksilber wiegt nahe 950 Pf. paris.;
bikzoll, Duodecimalmaaß, 17 Loth, 2⅘ Quentchen. Wenn
Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbers
28 Zoll oder 2⅓ Fuß, so beträgt er gegen eine Fläche von ein
dratfuße 2216⅔ Pf., und von einem Quadratzolle 15 Pf. 12
paris.

Um jede Linie, um welche das Quecksilber höher oder nied
28 Zoll ist, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von ein
dratfuße 6$\frac{43}{72}$ Pfund oder weniger.

„Hängt man die Merkur haltende §. 379. beschriebene
sche Röhre, mit ihrem oberen, die Leere beschließenden Ende a
ken einer Waageschale und bringt denselben durch Gegenge
die Schale des andern Arm ins Gleichgewicht, so beträgt
wicht genau so viel, als das Gewicht derselben Röhre, we
ihrem Merkurgehalt so umgekehrt worden, daß das offene
oben gekommen, mit diesem Ende am ersteren Arme bef
darauf gewogen worden ist.

§. 381. So lange die Luft nicht in Gefäße
schlossen ist, sondern frey bleibt, und auf ihre gan
Rücksicht genommen wird, muß sie nur durch ihr
wirken, und daher dieselbigen Gesetze des Gleich
befolgen, als nicht = elastische Flüssigkeiten.

§. 382. Es müssen daher auch die Luftsäulen unter einander bey gleichen Höhen und Dichtigkeiten im Gleichgewichte stehen; jede Luftsäule muß auch fähig seyn, statt ihrer benachbarten einen Körper von gleichem Gewichte zu tragen, und ihr Druck muß sich zu Folge der hydrostatischen Gesetze nach allen Richtungen zu äußern.

Wenn der Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll, so muß er auch das Gleichgewicht halten mit einer Wassersäule von 14.28 Zoll, oder von 32⅔ Fuß (paris.), wenn das Wasser ein 14mal geringeres eigenthümliches Gewicht hat; „wie dieses auch durch Versuche, welche Hausen und Sturm anstellten, bestätigt worden ist. Kr."

§. 383. Hieraus erklärt sich auch die Erscheinung, daß aus einem Gefäße mit enger Oeffnung beym Umkehren nichts heraus läuft, und daß der Hahn eines vollen Fasses, dessen Spundloch geschlossen ist, nichts bey der Oeffnung heraus läßt, u. dergl. m.

§. 384. Es folgt ferner aus der Schwere der Luft nach hydrostatischen Gesetzen, daß der Druck der Luftsäulen abnehmen müsse, wenn ihre Höhe, bey übrigens gleichen Umständen, abnimmt, und umgekehrt; daß folglich das Quecksilber in der torricellischen Röhre in hohen Regionen der Atmosphäre nicht so hoch stehen könne, als in niedrigern, wie auch die Erfahrung lehrt.

§. 385. Ferner muß die Luft im Freyen nach Verhältniß ihrer Dichtigkeit drücken; und eben hieraus ist es abzuleiten, daß das Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre, wenn es nach höhern Regionen der Luft gebracht wird, nicht den Höhen proportional, sondern immer verhältnißmäßig kleiner ist. In höhern Gegenden ist nämlich die Luft dünner, in niedrigern dichter (§. 378.).

De Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, Th. II. S. 270 ff.

§. 386. Der Druck der Luft kann keine Bewegung hervorbringen, so lange er von allen Seiten gleich bleibt: er äußert sich aber sogleich, so bald er einseitig wird, oder auch auf der innern und äußern Fläche eines Körpers ungleich Statt findet.

Hierher gehören die nachher bey der Luftpumpe anzustellenden Versuche: 1) mit den magdeburgischen Halbkugeln; 2) das Zerbrechen einer Glasscheibe, die auf einen metallenen Cylinder gekittet ist, aus welchem man die Luft auszieht; 3) das Zerreißen einer über eben denselben gespannten Blase.

§. 387. Wenn also die Luft nur von Einer Seite her auf einen Körper drückt, und dieser beweglich ist, so kann er dadurch in Bewegung gesetzt werden.

Hierher gehört:

1) Roberval's Versuch, oder Pascal's Kammer.

Tentamina experimentor. natur. capt. in academia del Cimento. S. 29 ff.

2) Otto von Guerike's Windbüchse mit verdünnter Luft.

C. Schotti technica curiosa. L. XI. S. 881. *Otton. de Guerike* experimenta de vacuo spatio. S. 112.

§. 388. Endlich folgt auch aus §. 386, daß, wenn die Luft auf einerley tropfbar-flüssige Materie ungleich drückt, diese letztere nach der Gegend hin, wo sie weniger Druck von der Luft erleidet, bewegt werden muß. Hierauf gründet sich die Wirkung des Hebers (Sypho.).

§. 389. Der gemeine Heber (Fig. 130.) besteht aus einer gekrümmten Röhre abc, wovon der eine Schenkel bc länger ist, als der andere ab. Der Heber sey mit einem Liquidum gefüllt, und sein offener Schenkel ab in ein offenes Gefäß AB, das auch dieses Liquidum enthält, bis g eingetaucht. Es ist aus dem Vorhergehenden (§. 313.) klar, daß die Flüssigkeit in ag durch den Druck der diesen Schenkel umgebenden gleichartigen Flüssigkeit erhalten wird. Der Druck der Luft findet auf die Fläche fh der Flüssigkeit im Gefäße Statt; er findet aber auch Statt gegen die Fläche der Flüssigkeit an der Mündung c des längern Schenkels des Hebers. Jenem Drucke der Luft auf die Fläche fgh drückt die Flüssigkeit in dem Schenkel ba entgegen, aber nur der Theil bg; dem Drucke der Luft gegen c drückt die Flüssigkeit in dem Schenkel bc entgegen. Da dieser letztere Gegendruck wegen der längern Säule der Flüssigkeit bc größer ist, als der Gegendruck von bg, so erfolgt die Bewegung des Liquidums nach der Richtung der größern Kraft: es

fließt aus dem längern Schenkel in c aus, und steigt in a in dem kürzern empor; oder es ist eben so gut, ob die Luft auf fgh stärker drückte, als gegen die Mündung c. Zwar ist die Luftsäule, die gegen c drückt, um dc länger, aber das Liquidum innerhalb dc ist auch um vieles dichter, als die Luft, und daher sein absolutes Gewicht um vieles größer, als das absolute Gewicht der Luftsäule von gleichem Durchmesser und der Höhe cd.

„In Mannoury Dectot's Hydráolus (Gilbert's Ann. XLIII. S. 157.) wird das durch Saugen zum Ansteigen gebrachte Wasser, während des Ansteigens durch eine besondere Vorrichtung gleichförmig und innigst mit Luft gemengt und dadurch specifisch leichter, so daß es in gleichem Verhältniß höher als 51 Fuß gehoben werden kann. Kr."

§. 390. Wenn (Fig. 130.) der Schenkel ba des Hebers mit einer specifisch schwerern Flüssigkeit L, der Schenkel bc hingegen mit einer specifisch leichtern Flüssigkeit l gefüllt, und das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes von L zu dem von l größer ist, als das Verhältniß der senkrechten Höhe von c bis b zu der von a bis b: so wird, wenn die Mündungen a und c geöffnet werden, nach hydrostatischen Gesetzen der Ausfluß aus a, und nicht aus c Statt finden. Wenn ferner das Gefäß AB mit einer specifisch schwerern Flüssigkeit, der Heber aber mit einer specifisch leichtern angefüllt ist, so kann es aus den angeführten Gründen kommen, daß der Heber in c zu fließen aufhört, nehmlich dann, wenn die in dem kürzern Schenkel bg gestiegenen und darin noch befindlichen Flüssigkeiten zusammen eben so stark in der senkrechten Richtung drücken, als die leichtere in dem längern Schenkel bc thut.

§. 391. Wenn (Fig. 130.) der kürzere Schenkel bg des Hebers länger ist, als die Höhe, bey welcher das Liquidum, das durch den Heber fließen soll, in der torricellischen Röhre durch den Druck der Luft erhalten werden könnte, so kann der Heber nicht wirken.

§. 392. Es kann kein Ausfluß aus dem äußern Schenkel des Hebers geschehen, wenn dieser äußere Schenkel kür-

zer ist, als der innere bg (Fig. 130.); dann geschieht vielmehr der Ausfluß aus a. Dieß ist auch der Fall, wenn der längere Schenkel bc in einer Flüssigkeit derselbigen Art steht, als ba, aber tiefer, z. B. bis k.

§. 393. Wenn beyde Schenkel ba und bc des Hebers (Fig. 131.) gleich lang sind, so kann aus dem mit einerley Flüssigkeit gefüllten und senkrecht gehaltenen Heber nichts ausfließen, indem der Gegendruck der Luft gegen a und c gleich groß ist. Taucht man aber den einen Schenkel, z. B. ab, in eine Flüssigkeit dieser Art, z. B. bis fgh, so fließt der Heber bey c, und zwar desto stärker, je tiefer der Schenkel ab eingetaucht wird. Jetzt ist nehmlich die Flüssigkeit, die in dem Schenkel ab gegen die Luft drückt, nur in der senkrechten Höhe bg zu nehmen. Ein Heber dieser Art heißt ein wirtembergischer Heber.

§. 394. Außer dem Gebrauche, zu welchem die Heber im gemeinen Leben nützen, dienen sie auch zur Erklärung mancher Phänomene der Natur und Kunst. Dahin gehört:

1) Die Wirkung einiger natürlichen Brunnen, die sich von Wasser ausleeren, wenn es darin bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist; „die sogenannten Hungerquellen, der Cirknitzer See in Krain, die Wasserabzüge in Kalk- und Gypsgebirgen, vorzüglich jene in den Mansfelder Kalkschlotten, der Bauerngraben im Stollbergschen, der Kanal von Languedoc mit seinen gemauerten Hebern, der an einigen Stellen am Abhange von Gebirgen fortläuft, das von denselben abfließende Wasser auffängt, und zur Verhütung des Ueberfülltwerdens seine Wasser durch jene Heber verliert, deren höchste Punkte sich ohnfern der Oberfläche des höchsten Wasserstandes im Kanal befinden, und deren kürzere Schenkel bis an den Boden des Kanals reichen, während die längeren am Gebirgsabhange herabsteigen. Der kürzere Schenkel hat in einer gewissen Höhe ein Loch, um zu verhüten, daß der Kanal nicht ganz entleert werde. Kr."

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 2100. Journal des Sçav. A. 1688. S. 455. *Plinius* hist. nat. II. C. 105. *Oliver.* in *philos. transact.* No. 404. Vol. XVII. S. 908. *Atwell.* ebend. No. 424. Vol. XXXVII. S. 501.

2) Die Einrichtung des künstlichen Tantalus, des Vexirbechers oder Diabetes der Alten.

Muschenbroek a. a. O. §. 2100.

Heronis, Alexandrini, spiritalium liber. Amstelod. 1716. 4. Prop. 12.

3) Die Wirkung des Kircherschen Hebers.

Wolfs nützl. Versuche. Th. III. S. 576. §. 126.

4) Die Wirkung der sogenannten Fraterna Caritas, eines drey- und mehrschenkligen wirtembergischen Hebers.

5) Kirchers Brunnen.

Karstens Anfangsgr. der Naturl. §. 282.

§. 395. Die Erfahrung lehrt, daß an einem und demselbigen Orte die Höhe des Quecksilbers in der torricellischen Röhre (§. 379.) nicht dieselbige bleibt, sondern zu verschiedenen Zeiten bis auf eine gewisse Gränze größer oder kleiner ist. Es folgt hieraus, daß in der Atmosphäre Ursachen wirksam seyn müssen, die den Druck der Luft auf die Quecksilbersäule veränderlich machen. Weil also die torricellische Röhre den Druck der Luft durch die damit correspondirende Quecksilbersäule anzeigt, so hat man ihr den Namen des Barometers (Schweremesser), oder Baroscops) (Schwerezeiger) gegeben; und weil mit der Veränderung des Drucks der Luft gewöhnlich eine Aenderung der Witterung verknüpft ist, so hat man es auch ein Wetterglas genannt.

§. 396. Man hat dem Barometer mancherley Einrichtungen zu geben gesucht, theils um es zu verschiedenen Anwendungen bequemer, theils die Veränderungen auffallender zu machen und genauer zu messen. So wie die Einrichtung §. 379. angegeben ist, und wie sie zuerst bey der Erfindung war, erfodert das Instrument viel Quecksilber, und

und ist nicht bequem zu transportiren. Man krümmte zu dem Ende die Röhre wieder aufwärts, und maß die Höhe der Quecksilbersäule von der horizontalen Oberfläche des Quecksilbers in dem kürzern Schenkel. Da aber das Quecksilber, wenn es in der längern Röhre durch den verminderten Druck der Atmosphäre, z. B. um einen Zoll sinken sollte, in diesem kürzern Schenkel steigt, und nun hier wieder um so viel durch seine eigene Schwere zurückwirkt, folglich macht, daß das in der längern Röhre enthaltene nur um einen halben Zoll sinken kann; so gab man diese Einrichtung bald wieder auf, die man doch nachher für die vollkommenste erkannt hat. Man gab also diesem kürzern Schenkel ein weites kugelförmiges Behältniß, damit das in der längern Röhre herabfallende Quecksilber sich in einen desto weitern Raum ausbreiten und hier in der Kugel die Höhe desselben nur unmerklich vermehren, auf das Fallen oder Steigen in der engern Röhre aber keinen merklichen Einfluß haben möchte, da Flüssigkeiten von einerley Art auch in Röhren von ungleicher Weite gleich hoch stehen (§. 314.) Je weiter die Kugel des kürzern Schenkels in Vergleichung der torricellischen Röhre ist, um desto weniger wird das Niveau der Quecksilberfläche in dieser Kugel durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre erniedrigt oder erhöhet.

„Die weiter unten zu erwähnenden Reisebarometer, dienen vorzüglich zu Höhenmessungen mittelst des Barometers, d. h. um aus dem beobachteten Barometerstande auf die Höhe des Beobachtungsortes über einen anderen bekannten, oder gewöhnlich über die Meeresfläche schließen zu können. Begiebt man sich nämlich in der freien Luft zu mehreren verschiedenen Höhen hinauf, dergestalt, daß die einzelnen zu vergleichenden Standpunkte gleich weit von einander entfernt sind, so stellen die Barometerstände vom obersten Standpunkte bis zum untersten, hinsichtlich der zwischen beyden gegebenen übrigen Standpunkte eine zunehmende geometrische Reihe dar, so daß, wenn z. B. das Barometer an der Meeresfläche 28 paris. Zoll, und 1000 Fuß höher 26 Zoll hoch stände, würde es, abgesehen vom Einfluß der zunehmenden Kälte) bey 2000 Fuß Höhe einen Stand von 24″, 14; bey 3000 Fuß 22″, 42 u. s. f zeigen, und da in jedem logarithmischen Systeme, die zu den Logarithmen gehörenden Zahlen eine geometrische Reihe bilden, wenn die Logarithmen in einer arithmetischen Reihe zunehmen, so erhält man nach de Luc,

die gesuchte Höhe des Orts, wenn man die auf beyden, dem untersten und obersten Standpunkte beobachteten, auf einerley Temperatur des Merkurs reducirten Barometerstände, in gleichartigen Maaßtheilen, z. B. pariser Linien) oder Zehntellinien rc. ausdrückt, hierauf die zu beyden Zahlenausdrücken gehörigen Logarithmen aus den logarithmischen Tafeln nimmt, den kleineren vom größeren abzieht, und den Unterschied beyder 60000 Mal nimmt. Man hat den Höhenunterschied beyder Standpunkte in paris. Fußmaaß, wie er wäre, wenn die ganze Luftsäule 16¾° R. hätte. Für jeden Grad Reaum., um welchen das Mittel aus der Lufttemperatur beyder Standpunkte kleiner ist, als 16¾° R., zieht man von der berechneten Höhe den 215. Theil ab, und für jeden Grad, um welchen jenes Mittel höher als die Temp. von 16¾° R. ist, setzt man den 215. Theil der gefundenen Höhe zu, um die wahre Höhe zu erhalten. = Nach Laplace u. a. ist in dieser Regel, wegen fehlerhafter Thermometerbeobachtung die Normaltemperatur von 16¾° R., um ohngefähr 3°, 55 zu hoch angegeben und sollte seyn = 13°, 4. Die daher nöthige Verbesserung obiger Formel findet man ausführlich in Gilbert's Ann. XXVI. S. 152 und 194. Kr."

§. 397. Zu ganz genauen Beobachtungen aber, und zu solchen Versuchen, wo das Fallen des Quecksilbers sehr beträchtlich ist, kann dieses Barometer aus den angeführten Gründen nicht sicher angewendet werden, wenn man die Scale nicht beweglich macht. Herr de Luc ging daher zu der erstern einfachen Einrichtung dieses Instruments wieder zurück, und zeigte, daß das Barometer mit dem nach oben zu gekrümmten, gleich weiten Schenkel, oder das sogenannte heberförmige oder Heberbarometer, alle Vorzüge besitze, und durch die gehörige Einrichtung desselben der vorhin genannte Fehler, daß es die Höhe des Quecksilbers beym Fallen zu groß und beym Steigen zu klein angiebt, völlig gehoben werden könne. Wenn man nehmlich von dem, um welches das Quecksilber in der längern Röhre gefallen ist, das abzieht, um welches es in dem kürzern Schenkel stieg, oder zu dem, um welches es in dem längern Schenkel stieg, das, um welches es in dem kürzern fiel, addirt: so hat man jedesmal die wahre Höhe des Fallens und Steigens. Nur die Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre, die über dem Niveau des Quecksilbers im kürzern steht, ist es, die dem Drucke der Luft correspondirt. Durch ihre Messung findet man daher auch immer

die Höhe einer Quecksilbersäule die mit dem Drucke der Luft im Gleichgewichte ist.

„Ueber thermometrische Höhenmessungen vgl. weiter unten §. 581. Anm. Kr.“

De Luc über die Atmosphäre, §. 581 ff.

§. 398. Zu der genauen Einrichtung des Barometers gehört: 1) daß es bloß und allein durch Veränderungen im Drucke der Luft afficirt werde, und diese Veränderungen auch wahrhaft anzeige. Dazu ist nöthig, daß die torricellische Leere vollkommen von Luft rein sey: denn wenn sie Luft enthält, so wird die Quecksilbersäule kürzer seyn, als sie sollte, und die Wärme wird darauf Einfluß haben. Durch Erhitzung der torricellischen Leere muß also das Quecksilber in der Röhre nicht herabgedrückt werden oder sinken. Um diese torricellische Röhre rein zu erhalten, ist es nöthig, bey Verfertigung des Barometers das Quecksilber in der Röhre stark auszukochen.

Aus der allgemeinen Wirkung der Wärme auf alle Körper wird man leicht einsehen, daß die Barometerhöhe bey größerer Wärme größer, und bey geringerer Wärme kleiner seyn müsse, wenn auch der Druck der Luft derselbige bleibt. De Luc fand bey genauer Untersuchung, daß eine 27 Zoll lange Quecksilbersäule vom natürlichen Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte des Wassers um 6 Linien oder $\frac{1}{54}$ ihrer Länge zunehme. Nimmt man diese Bestimmung für die richtige, so muß die Quecksilbersäule im Barometer, das beym natürlichen Frostpunkte auf 27 Zoll stand, bey unverändertem Drucke der Atmosphäre z. B. um eine Linie steigen, folglich 325 Linien hoch stehen, wenn die Temperatur um den sechsten Theil des Fundamentalabstandes vom Thermometer zunimmt und 62° Fahr. oder $15\frac{1}{3}$° Reaum. wird. Die Aenderung der Wärme um 30° Fahr. bringt also das Barometer jedesmal um eine Linie höher, und jede Aenderung um 1° und $\frac{1}{30}$ einer Linie. Herr de Luc hat zu dem Ende um mehrerer Bequemlichkeit willen den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpunkte bis zum Siedepunkte am Thermometer in 96 gleiche Theile getheilt: und so kommt auf jeden 16ten Grad Zunahme der Wärme dieses Thermometers eine Linie der Höhe des Barometers, und auf jede Aenderung der Wärme um einen Grad, $\frac{1}{16}$ Linie Aenderung des Barometerstandes.

De Luc Unters. über die Atmosph. §. 352—365.

Ohne durch neue Scalen die Thermometersprache unnöthiger Weise noch mehr zu erweitern, findet man die Berichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme, wenn der am Thermometer beobachtete Grad k, der, auf welchen man die Beobachtung reduciren will, i, und die Zahl der Grade des Fundamentalabstandes vom Eispunkte bis zum Siedepunkte f heißt, wenn man zur beobachteten Barometerhöhe

B noch $\frac{i-k}{54f}$ B hinzusetzt, oder wenn i — k negativ ist, $\frac{k-i}{54f}$ B davon abzieht. (S. Gehler's physikal. Wörterb. Art. Barometer.)

Noch ist hier zu erinnern, daß der Fundamentalabstand an der Fahrenheitischen Scale vom natürlichen Gefrierpunkte bis zum Siedepunkte bey der Bestimmung des Herrn de Luc von 27 Z. Barometerhöhe eigentlich nur gleich 178 Gr. gesetzt werden kann, nicht 180 Gr.

Van Swinden posit. phys. II, S. 107 ff.

„Vergleiche auch: Garthe's Tabelle für barometrische Höhenmessungen, nach der Schichtmethode des Herrn Prof. Benzenberg, mit einer Vorrede vom Hrn. Prof Munke. Gießen 1817. in 16. Kr."

Nach Roy (*Philos. transact.* Vol. LXVII. S. 635 ff.) beträgt die verlängerte Ausdehnung einer 27 Zoll langen Quecksilbersäule durch die Wärme vom natürlichen Frostpunkte bis zum Siedepunkte 0,5117 engl. Zoll, oder 5,7617 paris. Linien; auch ist die Zunahme durch gleiche Anzahl von Graden in den verschiedenen Temperaturen nicht gleich groß. Nach Rosenthal (Beyträge zur Verfertigung, Kenntniß und Gebrauch meteorologischer Werkzeuge; Gotha, B. I. 1782. B. II. 1784. 8.) ist die Ausdehnung der Quecksilbersäule 5,56 paris. Lin., und nach Luz (Beschreib. von Barometern, s. unten §. 495. Anm.) 5,64 paris. Linien.

„Aus Dalton's Untersuchungen geht hervor, daß sich die Ausdehnung des Merkurs durch Wärme, verhält, wie das Quadrat der Temperatur, vom Frostpunkte angerechnet; eine Bemerkung, auf die wir im 1 Hauptst. d. II. Th. wieder zurückkommen werden. Kr."

„Aehnliche Versuche haben auch Lavoisier und Laplace angestellt, und die Ergebnisse derselben kommen jener der de Lucschen Beobachtungen sehr nahe. Einen einfachen Mechanismus, dem gemäß sich, durch Schieben eines Zeigers auf den Thermometerstand, die Gradleiter (Scale) eines Gefäßbarometers stets so verrückt, daß dadurch der corrigirte Barometerstand angezeigt wird, beschreibt Oberst Müller in Gilberts Ann. V. S. 17. unter dem Namen: mechanisches Barometer. Kr."

„Sinnreiche Vorschläge zur Berichtigung des Barometerstandes wegen des Einflusses der Wärme, ohne Thermometer haben La Grange (*Miscellanea Taurinensia*, 1759. T. I. S. 15.), Lamonon (*Journal de physique*, T. XIX. S. 7. ff.), und Rosenthal (Anleitung, das de Lucsche Barometer zu einem höhern Grade der Vollkommenheit zu bringen; Gotha 1779. 8.), gethan. Es gehört hierzu ein heberförmiges Barometer, dessen Schenkel ganz genau gleich weit sind.

Van Swinden posit. phys. T. II. S. 104 ff.

„Obenerwähnte und ähnliche Formeln zu Höhenmessungen mit dem Barometer, haben Lindenau, Oltmanns, d'Aubuisson, Englefield und Horner nebst Anweisungen zum Gebrauche derselben mitgetheilt. Gilbert's Ann. XXXVIII. S. 249. 271. 278. XXXIX. S. 146. Kr."

§. 399. 2) Ein zweyter Umstand beym Barometer ist die Scale. Zu dem Ende wird die mit Quecksilber ge-

füllte, gehörig ausgekochte, und gleich weite Röhre auf ein Bret unbeweglich befestigt, und darauf die Scale nach einem sehr genauen Fußmaaße in Zollen und Linien aufgetragen. Bey uns ist es gewöhnlich, sich dazu des pariser Fußmaaßes zu bedienen. Beym heberförmigen Barometer zieht man gemeiniglich in der Mitte der Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre einen horizontalen Strich, trägt die Abtheilungen in Zollen, Linien und Zehntheilchen der Linien oberhalb und unterhalb derselben auf; und um die jedesmalige wahre Höhe der Quecksilbersäule, die durch den Druck der Luft erhalten wird, zu finden, addirt man den Stand des Quecksilbers oberhalb jener Mittellinie und unterhalb derselben bis zum Niveau des Quecksilbers im kürzern Schenkel zu einander. Wenn man das Barometer bloß zur Beobachtung der Veränderung des Drucks der Luft für einerley Ort braucht, so ist es hinreichend, die Unterabtheilungen der Zolle in Linien und Zehntheilchen der Linien nur einige Zolle oberhalb und unterhalb des Standes des Quecksilbers in beyden Schenkeln anzubringen. Zu den Beobachtungen kleinerer Theile des Maaßstabes dient ein **Nonius** oder **Vernier**.

Da man sich auch des engl., rheinl. und schwedischen Maaßes zu den Beobachtungen hier und da bedient, so theile ich hier nach van Swinden (Posit. phys. T. II. S. 107.) die Vergleichung derselben mit:

engl.	rheinl.		paris.		schwed.
31 Z.	30 Z.	1,13 L.	29 Z.	1,05 L.	26,52 Dec. Z.
30 .	29 .	1,48 .	28 .	1,79 .	25,66 .
29 .	28 .	1,83 .	27 .	2,53 .	24,81 .
28 .	27 .	2,18 .	26 .	3,27 .	23,95 .

§. 400. 3) Bey der Beobachtung des Standes des Quecksilbers im Barometer und der Messung der Länge der Quecksilbersäule ist nöthig: daß die Röhre des Barometers vollkommen vertical hänge; daß bey der Beobachtung das Auge in einerley horizontaler Ebene mit der Fläche des Quecksilbers gehalten werde; und daß man den Stand des Quecksilbers bey dem höchsten Punkte seiner Convexität ermesse. 4) Sonst gehört noch zur Verfertigung genauer

und vergleichender Barometer als wesentlich: daß das Quecksilber von der größesten Reinigkeit sey, und daher einerley eigenthümliches Gewicht in den verschiedenen Barometern habe; welches allerdings ein Hauptumstand ist; daß die Röhre allenthalben gleich weit und ohne Rauhigkeit; daß bey dem heberförmigen Barometer der kürzere Schenkel genau parallel mit dem längern und mit ihm von gleich weitem Durchmesser; und endlich, daß die Röhre von gehörigem Durchmesser sey.

Van Swinden posit. phys. T. II. S. 94 = 112.

"Gleichheit der Durchmesser beyder Schenkel ist schon darum nöthig, weil das Merkur in einer weiteren Röhre höher steigt, als in einer engeren (vergl. §. 167.) was man die Kapillarität genannt hat. — In Gay-Lussac's verbessertem Heberbarometer, ist auch in so fern auf den Einfluß dieser Kapillarität Rücksicht genommen worden, als dasselbe aus einer gebogenen, an beyden Enden geschlossenen Röhre besteht, deren längerer Schenkel sich unten gleichmäßig verengt, um beym Umkehren des Instruments, das Fallen des Merkurs und das durch seine Stoßgewalt gegen das Glas des kürzeren Schenkels zu mäßigen, und dessen kürzerer Schenkel an der Seite in der Mitten oberhalb des Merkurspiegels ein sehr feines, den Zutritt der Luft gestattendes Löchlein hat, durch welches das Merkur, vermöge seiner Kapillarität nicht so leicht durchläuft, weshalb sich dieses Barometer vorzüglich zum Reisebarometer eignet. Kr."

§. 401. Um kleine Veränderungen des Drucks der Luft am Barometer recht bemerkbar zu machen, hat man allerley Complicationen und Künsteleyen daran ausgedacht. Dahin gehören:

1) Das Huygensche Doppelbarometer.

Journ. des Sçav. 1672. Dec. S. 139. Oper. phys. T. I. S. 276. *Muschenbroek* introd. §. 2080.

2) Das Hooksche oder de la Hire'sche Doppelbarometer.

Hook, in den *philos. transact.* No. 185. Vol. XVI. S. 241. *De la Hire*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1708. S. 157 ff. *Muschenbroek* introd. §. 2081.

3) Hooks Radbarometer.

Hook micrographia. London. 1665. Fol. T. XXXVII. Fig. 4. *Muschenbroek*. §. 2089.

4) Morlands schief liegendes Barometer.

Muschenbroek introd. §. 2078.

5) Bernoulli's rechtwinkliges Barometer.

Muschenbroek §. 2083.

Alle diese Abänderungen des Barometers selbst aber leisten zu genauen Beobachtungen des Drucks der Luft die gehofften Vortheile nicht, bringen Vermehrung der Friction zuwege, und der Einfluß der Wärme und Kälte darauf läßt sich nicht leicht und genau berechnen.

„Studer's Bemerk. über meteorologische Instrumente: Gilbert's Ann. LIX. 516. Kr."

De Luc Unters. über die Atmosph. Th. I.

„Besitzt man ein Heberbarometer, von dem die Länge der ganzen Merkursäule bey der Normaltemperatur (z. B. 0° C.) bekannt ist, so kann man die bey Höhemessungen nöthige Correction wegen Einfluß der Wärme, auch ohne Thermometer machen. Kr."

Von Reisebarometern sehe man: de Luc. a. a. O. Th. II. §. 459 ff. J. G. v. Magellans Beschreibung neuer Barometer, a. d. Französ. Leipz. 1782. 8. Lichtenberg's Magazin für das Neueste aus der Physik, B. I. St. 3. S. 98. Description d'un baromètre portatif par Mr. *J. G. Sulzer*, in den *act. helvet.* T. III. S. 259 ff. Beschreibung eines neuen Reisebarometers, von Herrn Harter, in Lichtenb. Magaz. B. V. St. 4. S. 84 ff. und Wilkinson's Barometer a. a. O. B. VIII. S. 527.

„Ein brauchbares Reisebarometer ist auch das von Englefield beschriebene; vergl. Gilbert's Ann. XXXVIII. S. 249. Auch die umgebogene Torricellische Röhre läßt sich als Reisebarometer benutzen, wenn man das untere durchsichtige Merkurhaltige Gefäß mit einem hölzernen, in der Mitte durchlöcherten Deckel dergestalt schließt, daß die Röhre durch den Deckel ins Merkur taucht. Kr."

§. 402. Wenn eine Portion Luft von der übrigen freyen Luft abgeschnitten, z. B. in ein Gefäß eingeschlossen wird, so wird dieser eingeschlossene Theil, weil er vorher mit der umgebenden Luft im Gleichgewichte, und durch ihren Gegendruck bis auf einen gewissen Grad zusammengedrückt war, eine Expansivkraft besitzen, die jenem Drucke der Luft im Freyen gleich ist (§. 376.).

§. 403. Der Druck, den ein eingeschlossenes ausdehnsames Fluidum durch seine Expansivkraft ausübt, oder seine absolute Ausdehnsamkeit, läßt sich durch die Höhe der Quecksilbersäule messen, die es in einer in diesem eingeschlossenen Raume befindlichen torricellischen Röhre zu erhalten fähig ist.

„Die Größe der Dehnkraft, welche ein Gas nach allen Seiten je-
n Hinderniß seiner Zerfließung entgegensetzt, und die genau so groß
n muß, als der Druck, den es von allen Seiten her erleidet, mit-
die Größe des Gegendrucks, welchen ein Gas, in einem gegebe-
ume nach allen Seiten hin ausübt, oder seine absolute Elastici-
nennt man auch die Spannung (Tensio) desselben, und unter-
eidet davon die specifische Elasticität oder Eigendehnsamkeit, wel-
bey jeder Art von Gas eine besondere, aus dem Verhältniß der
pannung desselben zu seiner Dichtigkeit entspringende ist. Wenn
B. zwey Blasen dergestalt, die eine mit gemeiner atmosphäri-
er, die andere mit brennbarer Luft (Wasserstoffgas) gefüllt sind,
ß sie gerade mit dem Drucke der äußeren umgebenden Luft im
leichgewichte stehen, so haben sie gleiche Spannungen, während
re Eigendehnsamkeiten verschieden sind, und sich verhalten, wie
re Dichtigkeiten. Kr.“

§. 404. Es muß demnach auch die in einem Gefäße
schlossene Luft, die mit der äußern nicht in Gemein-
ist (bey derselbigen Wärme), das Quecksilber in der
cellischen Röhre eben so hoch erhalten, als sie es zur
der Einschließung im Freyen erhielt. So wird dann
Barometer zu einem Ausdehnsamkeitsmesser der Luft.
r eingeschlossene Theil der atmosphärischen Luft wirkt
durch seine Ausdehnsamkeit, was das Gewicht der Luft
reyen bewirkt, eben weil diese Ausdehnsamkeit dem
en Drucke der Luft durch das Gewicht gleich ist
78.).

§. 405. Es sey (Fig. 132.) in eine Glaskugel b,
velcher unten die wieder nach oben zu gekrümmte Röhre
usläuft, ein elastisches Fluidum durch Quecksilber ge-
t, und das Quecksilber reiche in der oben bey a offenen
e bis g. Es ist klar, daß die in der Kugel b einge-
sene elastische Flüssigkeit nicht nur, wegen der bey a
n Röhre, den Druck der atmosphärischen Luft, son-
auch noch den Druck der Quecksilbersäule gf zu tragen
und damit im Gleichgewichte ist, und daß folglich ihre
ute Ausdehnsamkeit durch die dermalige Höhe der Queck-
säule eines daneben hängenden Barometers, addirt zu
Höhe der Quecksilbersäule gf, gemessen wird.

§. 406. Nun läßt sich auch leicht erklären, warum
die Ausdehnsamkeit der eingeschlossenen Luft dieselbe

gen Erscheinungen des Druckes und dieselbigen Wirkungen hervorgebracht werden können, als durch den Druck vermittelst ihres Gewichts im Freyen (§. 379—394).

§. 407. Die in einem Gefäße eingeschlossene Luft drückt durch ihre Ausdehnsamkeit gegen die Wände des Gefäßes von innen so stark, als die Luft von außen gegen dieselbe durch ihr Gewicht drückt (§. 376.), so lange sie im Innern des Gefäßes von eben der Beschaffenheit bleibt, als die äußere. Wird aber der Druck der äußern Luft größer oder kleiner, so kann kein Gleichgewicht mehr mit dem Drucke der innern Luft Statt finden.

Hierher gehört das Anschwellen einer mit wenig Luft gefüllten Blase unter der Glocke der Luftpumpe, und das Springen des Wassers aus dem Heronsballe ebendaselbst.

§. 408. Wenn auf eine tropfbare Flüssigkeit die Luft an zwey Stellen drückt, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern aber, in einem Gefäße eingeschlossen, durch ihre Ausdehnsamkeit, und es wird nun in diesem Gefäße die Luft verdünnt: so wird das Gleichgewicht gehoben; die tropfbare Flüssigkeit wird durch den Druck der äußern Luft in das Gefäß getrieben, und steigt so hoch, bis der senkrechte Druck der aufgestiegenen Säule und die Ausdehnsamkeit der darüber stehenden Luft das Gleichgewicht mit dem Drucke der äußern Luft halten.

Es werde eine Flasche von elastischem Harze, die zusammengedrückt ist, mit einer offenen Mündung in Wasser gehalten. So wie sie sich wieder ausdehnt, wird die Luft darin verdünnt, und das Wasser steigt drein empor.

§. 409. Hierauf gründet sich auch die Wirkung der Saugpumpen (Antliae aspirantes, suctoriae), in welchen durch den einseitigen Druck der Luft auf die Fläche des Liquidums dieses in den Stiefel der Pumpe emporgehoben wird. Die größeste Höhe, zu welcher das Liquidum darin durch den ganzen Druck der Luft erhoben werden kann, ist die, in welcher eben dieses Liquidum in einer torricellischen Röhre stehen würde. Daraus folgt denn, daß eine und dieselbe Flüssigkeit an höhern Orten durch die Saugpumpe

nicht so hoch erhoben werden kann, als in niedrigern (§. 384.), und daß bey unverändertem Drucke der Luft die specifisch schwerere Flüssigkeit nicht so hoch getrieben wird, als die specifisch leichtere, sondern daß die Höhen, zu welchen Flüssigkeiten ungleicher Art durch gleichen Druck der Luft darin emporgehoben werden können, sich umgekehrt verhalten wie ihre eigenthümlichen Gewichte (§. 329.)

Hierher gehört auch eine schon von Muschenbroek vorgeschlagene Methode, die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten aus den Höhen zu bestimmen, zu welchen sie durch einerley Druck der Luft erhoben werden. Das von ihm beschriebene Werkzeug kommt mit dem überein welches späterhin Scanegatty, unter dem Namen *Hygroclimax*, und dann auch Achard für neu ausgeben.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. T. II. §. 1595. T. XXIX. Fig. 14. T. XXXII. Fig. 12. *Scanegatty* im *Journ. de phys.* T. XVII. S. 82. Achard's Vorlesungen über die Experimentalphysik. Th. I. S. 164.

§. 410. Ferner gründet sich auf dieses gehobene Gleichgewicht und den daher entstehenden einseitigen Druck der Luft (§. 407. 408.) die Wirkung des Saugens der Kinder, beym Tobakrauchen, u. s. w.; der Mechanismus beym Trinken, beym Athmen; die Wirkung der Schröpfköpfe (Curcurbitulae scarificatoriae); das Füllen der Blasebälge mit Luft; die Wirkung des Stechhebers (Antlia oenopolarum); Sturms intermittirender Brunnen.

Muschenbroek u. a. a. O. §. 2114.

§. 411. Wenn die Luft in einem Gefäße zusammengedrückt oder auch mehr Luft in das Gefäß gezwängt wird, so wächst ihre Dichtigkeit, und zwar im umgekehrten Verhältnisse ihres Raumes (§. 52.); es wächst aber auch ihre Ausdehnsamkeit (§. 374.), und der Druck, den sie im mehr verdichteten Zustande durch ihre Expansivkraft ausübt, ist eben so groß, als den sie bey derselben Dichtigkeit im Freyen ausüben würde (§. 404.)

§. 412. Der Druck der in einem Gefäße eingeschlossenen und comprimirten Luft gegen die Wände des Gefäßes, und überhaupt gegen das Hinderniß ihrer Expansion, ver-

hält sich demnach (bey gleicher Wärme) zum Drucke der äußern Luft, wie die Dichtigkeit von jener zur Dichtigkeit von dieser. Wenn also die Luft in einem Gefäße doppelt so dicht ist, als die äußere (bey übrigens gleicher Wärme), so ist es eben so gut, als ob die Luft im Gefäße die Dichtigkeit der äußern Luft hätte, auswendig aber alle Luft weggenommen wäre.

Van Swinden positiones phys. T. II. §. 254 ff.

„Die genaue Richtigkeit der hier gemachten Schlüsse beruht auf dem Mariottischen Gesetze (§. 415.) F."

§. 413. Zur bequemen Zusammenpressung der Luft dient die Druckpumpe oder Compressionspumpe. Die Winklersche Druckpumpe vereinigt Einfachheit mit Bequemlichkeit, und ich bediene mich ihrer mit einigen Abänderungen.

Winklers Anfangsgr. d. Phys., Leipzig 1754. 8. S. 130 ff.

Eine ähnliche Maschine beschreibt Wolf (Nützl. Versuche. Th. III. S. 4 ff.)

§. 414. Auf den vermehrten Druck der eingeschlossenen comprimirten Luft gründet sich die Einrichtung und Wirkung:

1) Des Heronsballes (Pila *Heronis*) und des *Fonticulus compressionis*.

Muschenbroek a. a. O. §. 2110.

2) Des Heronsbrunnens (Fonticulus *Heronis*).

Muschenbroek a. a. O. §. 2110.

3) Die Windbüchse (Sclopeta pneumatica).

Muschenbroek a. a. O. §§. 2111. 2112.

4) Der magischen Tonne.

Karsten's Anfangsgr. der Naturwissensch. §. 288.

5) „Verschiedene Vorrichtungen, um Wasser durch verdichtete Luft zu Höhen zu erheben, welche die Druckhöhe des Aufschlagwassers um ein Beträchtliches übertreffen; z. B. die vom Oberkunstmeister Höll in dem Amalienschacht zu Schemnitz in Ungarn im Jahr 1753 angelegte sogen. Luftmaschine, durch deren Luft-

druck, das Grubenwasser aus bedeutenden Tiefen herausgehoben wird; vergl. Resener's Bemerk. über die Selbststeuerung derselben in Gilbert's Ann. XLIII. S. 391 u. ff.; ferner Mannoury, Dectot's, Clesses, Goodwyne's u. a. hieher gehörige Vorrichtungen und Resener's Verbesserung der Wirzeschen Spiralpumpe ꝛc. vergl. a. a. O. S. 153. 167 u. ff. Kr."

6) „Die Einrichtung der Gebläse; vergl. Karsten's Eisenhüttenkunde. I. B. Kr."

7) „Die Feuerspritzen mit Windkessel. Kr."

§. 415. Die Erfahrung lehrt, daß die Räume, zu welchen einerley Masse von Luft bey sich gleichbleibender Temperatur durchs Zusammenpressen gebracht werden kann, sich umgekehrt verhalten, wie die drückenden Kräfte oder Gewichte; und zwar ergeben die Versuche dieses Gesetz, welches das Boyle'sche oder Mariottische Gesetz heißt, sowohl bey der verdichteten, als bey der verdünnten atmosphärischen Luft.

Rob. Boyle defence against the objections of *Linus*. Lond. 1662. 4. (chapt. 5.)
Mariotte essay de logique. à Paris 1678. S. 678.

§. 416. Um dieses Gesetz für dünnere Luft, als die gewöhnliche atmosphärische ist, zu bestätigen, läßt sich die Erfahrung auf folgende Art anstellen. Es sey (Fig. 133.) AB eine mit Quecksilber gehörig gefüllte, gleich weite, torricellische Röhre, die in dem Gefäße B in Quecksilber vertical stehe. Das Quecksilber reiche darin durch den Druck der äußern Luft bis C, und CB sey also die dermalige Barometerhöhe, AC die torricellische Leere. Man lasse nun eine Portion dieser Luft, die für sich unter dem dermaligen ganzen Drucke der Luft den Raum AD messen würde, in die Röhre hinaufsteigen. Der Erfolg wird seyn, daß das Quecksilber in der Röhre nicht bis D, sondern tiefer herabsinken wird, z. B. bis E, und daß folglich die Luft sich von

dem Raume AD zu dem Raume AE ausdehnen wird. Die Ausdehnsamkeit dieser dünnern Luft zusammen mit dem Gewichte der Quecksilbersäule EB steht im Gleichgewichte mit dem Drucke der Atmosphäre oder der gleichgeltenden Quecksilbersäule CB; folglich steht auch der eingeschlossene Luftraum AE allein im Gleichgewichte mit einer Quecksilbersäule von der Höhe CB, weniger der Höhe EB, oder von der Höhe CE. Es kann demnach das Gewicht der äußern Luft, das die verdünnte Luft in AE zusammendrückt, durch das Gewicht der Quecksilbersäule CE ausgedruckt werden. Wird der Versuch mit der gehörigen Genauigkeit angestellt, so verhalten sich die Räume der Luft AD und AE, wie CE zu CB, oder umgekehrt, wie die respectiven auf sie drückenden Gewichte.

Muschenbroek a. a. O. §. 2104. s'Gravesande hat zur Anstellung des Versuches einen genauen Apparat beschrieben (Elem. phys. §. 2102 ff.).

Sonst läßt sich der Versuch auf eine leichtere Weise auch so anstellen, daß man die Glasröhre zum torricellischen Versuche (§. 379.) nur zum Theil mit Quecksilber füllt, und darüber Luft stehen läßt, dann ihre Oeffnung mit dem Finger zuhält, die Röhre umkehrt, die Luft in das andere Ende der Röhre treten läßt, und die Länge des Raumes mißt, den sie einnimt, hierauf die mit dem Finger geschlossene Oeffnung in das Gefäß mit Quecksilber bringt, den Finger wegzieht, und die Höhe merkt, in der das Quecksilber durch den Druck der äußern Luft darin zurückbleibt. Es versteht sich, daß man hierbey allen Einfluß der Wärme auf die eingeschlossene Luft vermeiden muß.

(„Die im §. angegebene Methode ist schwierig und unsicher: die in der Anmerkung zuletzt erwähnte verbindet Bequemlichkeit und Genauigkeit, wenn die Röhre gleiche Weite hat, oder wenigstens genau durchcalibrirt ist, und man sie oben nicht mit dem Finger, sondern mit einem eingeriebenen Stöpsel verschließt. F.")

§. 417. Für die verdichtete Luft läßt sich das Gesetz auf folgende Art durch Versuche beweisen: Es sey (Figur 134.) PONM eine gekrümmte, allenthalben gleichweite, gläserne Röhre, deren Schenkel MN und PO genau parallel laufen; sie sey in M geschlossen, in P aber offen. Es sey etwas Quecksilber in dieselbe geschüttet, und fülle den Theil NO derselben an, wodurch nun die Luft in NM dadurch gesperrt ist. Wenn das Quecksilber in N in gleicher Höhe steht mit dem in O, so hat die Luft in NM das Ge-

wicht der Quecksilbersäule zu tragen, welche der damaligen Barometerhöhe = a correspondirt. Man gieße nun mehr Quecksilber in die Röhre PO, z. B. bis zur Höhe X, so wird die Luft im Schenkel MN dadurch stärker zusammengepreßt, und z. B. den kleinern Raum MZ einnehmen. Man ziehe die Horizontallinie ZF, so ist klar, daß die in MZ eingeschlossene Luft jetzt das Gewicht der Quecksilbersäule von der damaligen Barometerhöhe = a und der Quecksilbersäule XF zusammen zu tragen habe. Bey genau angestelltem Versuche aber, und gleichbleibender Temperatur, wird der Raum MZ, den die stärker zusammengedrückte Luft jetzt einnimmt, zu dem Raume MN, den sie vorher einnahm, sich verhalten, wie a zu XF + a, folglich umgekehrt wie die respectiven auf sie drückenden Gewichte.

Muschenbroek a. a. O. §. 2105.

§. 418. Die Abweichuugen, die Einige bey ihren Erfahrungen hierüber gefunden haben wollen, kommen auf Rechnung von Fehlern, die bey Anstellung dieser Versuche leicht möglich sind, sowohl in Ansehung der Messung, als besonders des Einflusses der Wärme und Feuchtigkeit.

Van Swindem positiones phys. T. II. §. 263.

§. 419. **Muschenbroek** fand das **Mariottische** Gesetz bey einer vierfachen, und **Winkler** bey einer achtfachen Verdichtung der gewöhnlichen Luft noch zutreffend. Wie weit es aber überhaupt bey den möglichen Graden der Verdichtung oder Verdünnung der Luft noch zutreffe, das wissen wir nicht.

Muschenbroek a. a. O. §. 2107. Gehler's phys. Wörterb. Th. III. S. 15.

Wenn Luft ganz ins Innere der Erde bringt, und mit der äußern Luft in Communication ist; und wenn das Mariottische Gesetz dafür noch immer geltend bleibt: so müßte diese Luft weiter hinab immer dichter und dichter werden, und endlich das specifische Gewicht des Goldes erlangen und drüber, und zwar schon bey einer Tiefe, die noch nicht den achtzigsten Theil des Radius der Erde betrüge.

§. 420. Es ist nach der Natur der expansibeln Flüssigkeiten wahrscheinlich, daß das Mariottische Gesetz auch

bey andern Gasarten Statt finde; wenigstens scheinen einige schon angestellte Versuche dieß zu bestätigen.

Felix Fontana opuscules physiques et chymiques. à Paris 1784. 4. S. 124. *Herbert* diss. de aëre fluidisque ad aëris genus pertinentibus. Vienn. 1773. 8. S. 96 ff.

§. 421. Da sich die Dichtigkeit einer Materie umgekehrt verhält, wie die Räume, die sie einnimmt (§. 52.), so folgt aus dem Mariottischen Gesetze, daß die Dichtigkeit einer ausdehnsamen Flüssigkeit, bey übrigens gleichen Umständen, sich verhalte, wie die auf sie drückenden Kräfte oder Gewichte.

§. 422. Weil ferner die Expansivkraft einer ausdehnsamen Flüssigkeit der sie zusammendrückenden Kraft proportional ist (§. 376.), so muß sie sich auch, bey übrigens gleicher Wärme, verhalten, gerade wie die Dichtigkeit, und umgekehrt wie die Räume, die sie einnimmt.

§. 423. Ein ausdehnsames Fluidum, welches bloß seiner Expansivkraft in der Verbreitung folgte, müßte sich ins Unendliche verbreiten, weil die Ausspannungskraft sich nicht durch sich selbst beschränken kann (§. 39.); es würde also keine dauernde Atmosphäre um unsere Erde bilden können. Wenn aber das ausdehnsame Fluidum zu gleicher Zeit auch schwer ist, so wird durch die Schwerkraft desselben seine Beschränkung möglich, indem die Schwerkraft seiner Theile mit der Entfernung von der Erde in einem weit geringern Verhältnisse, als die Expansivkraft, bey seiner Verbreitung abnimmt. Jene nimmt nehmlich im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde ab; diese hingegen nimmt ab im Verhältnisse des Cubus dieser Entfernung: und so muß endlich die Expansivkraft mit der Schwerkraft ins Gleichgewicht kommen, und durch diese beschränkt werden.

Es bilde (Fig. 155.) ein schweres ausdehnsames Fluidum eine Sphäre ABDE; ihr Radius sey BC, und C der Punkt, gegen welchen die Schwerkraft gerichtet ist. Diese Sphäre breite sich zu der größern FGHI aus, deren Radius PC = 2AC ist. Das ausgedehnte Fluidum wird nun einen Raum erfüllen, der 8mal größer ist, als der vorige:

denn der Raumesinhalt der Kugeln ist den Cubis ihrer Halbmesser proportional. Es ist also der Raumesinhalt der Sphäre FGHI zu dem der Sphäre ABDE, wie $FC^3 : AC^3 = 2^3 : 1^3 = 8 : 1$. Weil sich nun die Expansivkraft des elastischen Fluidums umgekehrt verhält, wie der Raum, zu welchem es sich ausbreitet (§ 422.), so muß die Expansivkraft eines Antheils desselben an der Gränze der vorigen Sphäre F 8mal kleiner seyn, als an der Gränze der vorigen Sphäre A. Die Schwerkraft nimmt hingegen nur ab, wie das Quadrat der Entfernungen von C: es muß daher dieselbe in einem Antheile des Fluidums an der Gränze der Sphäre F gegen die Schwerkraft desselben an der Gränze der Sphäre A nur vermindert seyn in dem Verhältnisse von $FC^2 : AC^2 = 2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Die Untersuchung und nähere Bestimmung über die Abnahme der Dichtigkeit der Schichten der Atmosphäre unserer Erde mit der Zunahme der Höhen nach dem Mariottischen Gesetze, und die darauf gegründete Methode, die Höhen der Oerter durchs Barometer zu messen, können hier noch nicht vorgetragen werden, sondern finden am besten ihren Platz in der Folge bey der speciellen Betrachtung der Atmosphäre unserer Erde.

§. 424. Die Wirkungen des Druckes der Luft durch ihr Gewicht und ihre Ausdehnsamkeit hat man besonders erst durch die **Luftpumpe** (Antlia pneumatica) kennen gelernt. Sie ist die Erfindung eines Deutschen, des Magdeburgischen Burgemeisters **Otto von Guerike**. Er stellte seine, für die damalige Zeit sehr merkwürdigen Versuche zuerst im Jahre 1654 öffentlich zu Regensburg, in Gegenwart des Kaisers **Ferdinand des Dritten** und mehrerer deutschen Reichsfürsten an. **Caspar Schott** machte diese Versuche zuerst bekannt. Aus seiner Schrift lernte sie **Robert Boyle** kennen, der nachher diese Erfindung mit einigen Veränderungen noch mehr verbreitete.

„Indem O. v. Guerike im Jahr 1650 mittelst einer messingenen Handspritze Wasser aus einem übrigens verschlossenen hölzernen Gefäße pumpen wollte, um so — durch Aufsaugen des Wassers — einen leeren Raum darzustellen, ward er, da dieses nicht gelang, indem das Holz Luft durchlies, genöthigt, statt dessen eine kupferne Kugel zu nehmen, und indem er nun die Luft selber mittelst veränderter Spritzeneinrichtung heraushob, stellte er so den ersten rohen Anfang seiner Luftpumpe dar. Kr."

Casp. Schotti ars mechanico-hydraulico-pneumatica. Herbip. 1657. 4. *Otton de Guerike* experimenta nova, ut vocantur, megdeburgica, de vacuo spatio. Amstelaed. 1672. Fol. *Rob. Boyle* nova experimenta physico-mechanica de vi aëris elastica et ejusdem effectibus; ex angl. transl. Genev. 1680.; in seinen operibus.

§. 425. Das Wesentliche der Luftpumpe besteht aus einem hinlänglich starken metallenen Cylinder, oder dem Stiefel, der inwendig so genau als möglich von gleich weitem Durchmesser ist, und in welchem ein genau passender Stempel (Embolus) bequem auf- und niedergeschoben werden kann. In den Boden des Stiefels tritt eine Röhre, welche durch einen Teller geht, auf welchen man den Recipienten, oder das Gefäß aufsetzt, aus welchem die Luft ausgepumpt werden soll.

§. 426. Wenn der Stempel von dem Boden des Stiefels in die Höhe gezogen wird, so tritt die Luft unter dem Recipienten, der auf den Teller der Luftpumpe genau anschließen muß, wegen ihrer Ausdehnsamkeit durch die Röhre in den Stiefel, und die Luft wird also unter dem Recipienten verdünnt. Beym Zurückstoßen des Stempels in den Stiefel darf nun die Luft nicht wieder unter den Recipienten treten, sondern es muß die Einrichtung getroffen seyn, daß die Luft einen andern Ausgang finden kann. Ist dieß geschehen und wird der Stempel von neuem in die Höhe gezogen, so wird die Luft unter dem Recipienten abermals in den Stiefel treten, und solchergestalt bey wiederholter Arbeit immer mehr und mehr verdünnt werden. Je größer der Raum des Cylinders in Vergleichung mit dem Recipienten ist, desto stärker und schneller geschieht auch die Verdünnung.

„Die Stiefel sind gewöhnlich aus Messing, seltener aus Eisen oder Glas gegossen; Van Mons in Loewen u. e. a. Physiker besitzen Luftpumpen mit gläsernen Stiefeln. Die Stempel oder Kolben bestehen entweder aus Metall (Zinn — bey gläsernen Stiefeln) welches mit Leder umlegt (geliedert) worden ist, oder aus zuvor mit Oel und Talg getränkten, zwischen zwei metallenen Scheiben zusammengepreßten und auf der Drehbank abgedrehten Lederscheiben. Zu Tellern dienen am besten abgeschliffene, gläserne; gewöhnlich sind sie metallen. — Statt der messingenen Röhren, würde man auch gußeiserne (sammt gußeisernen Stiefeln, und geliederten Kolben) anwenden können, welches mit größerer Wohlfeilheit den Vortheil verbände, daß zufällig in die Pumpe kommendes Merkur diese nicht verdürbe, was unter gleichen Umständen bei messingenen unausbleiblich ist. Kr."

§. 427. Um beym Zurückstoßen des Stempels die in den Stiefel getretene Luft zu nöthigen, einen andern Ausweg zu finden, und um zu verhindern, daß sie nicht wieder in den Recipienten zurücktreten kann, dient entweder ein Hahn in der den Stiefel mit dem Teller verbindenden Röhre, der auf eine doppelte Art durchbohrt ist, und hiernach beym Heraufziehen und Hinunterstoßen des Stempels jedesmal gedrehet werden muß, oder es sind Ventile angebracht, eins im Boden des Stiefels, und eins in dem Stempel, die sich beyde aufwärts öffnen. Bey den Luftpumpen mit einem Hahne ist der Stiefel gewöhnlich und wegen der mehrern Bequemlichkeit liegend, entweder ganz horizontal, oder schief gegen den Horizont; bey denen mit Ventilen ist er stehend, und sie heißen deswegen auch wohl verticale Luftpumpen. Man hat diese auch mit zwey Cylindern, die sich in der gemeinschaftlichen Röhre des Tellers endigen, und zum schnellern Auspumpen sehr bequem sind. Sonst sind bey allen diesen Luftpumpen mancherley Vorrichtungen angebracht worden, den Stempel in dem Cylinder bequemer auf- und nieder zu bewegen. Um übrigens in den Raum unter dem Recipienten auf dem Teller wieder bequem Luft lassen zu können, muß die Verbindungsröhre zwischen dem Stiefel und dem Teller mit einem Hahne oder Wirtel versehen seyn.

§. 428. Seit der Erfindung der Luftpumpe durch Otto von Guerike und ihrer ersten Verbesserung durch Rob. Boyle ist man häufig bemüht gewesen, dem Werkzeuge theils mehrere Vollkommenheit, theils mehrere Bequemlichkeit zu geben; diese Bemühungen haben aber auch zum Theil das Instrument complicirt gemacht. Auf die Verschiedenheit der Einrichtung des dabey angewendeten Mechanismus gründen sich verschiedene Arten der Luftpumpen, wovon ich hier nur die gewöhnlichern und die neuern nenne:

1) Senguerd's Luftpumpe. Sie ist mit einem Hahne und schiefliegend oder horizontal, und die gezahnte

Stempelstange wird vermittelst eines Kreuzhaspels aus- und eingewunden.

Wolfs nützliche Vers. Th. I. S. 112 ff.

2) Hawksbee's Luftpumpe. Sie ist mit doppelten, stehenden Stiefeln, und mit Ventilen. Die bezahnten Kolbenstangen werden durch ein Stirnrad vermittelst einer Kurbel auf- und niedergewunden.

Acta eruditorum. Supplem. V. S. 403.

Hawksbee expériences physico-méoaniques, trad. de l'Angl. à Paris. 1754. 2. Vol. 8.

3) Leupold's Luftpumpe. Sie ist von der vorigen dadurch unterschieden, daß die Kolbenstangen an einer Art Waagebalken durch einen doppelarmigen Hebel auf- und nieder gedrückt werden.

Acta eruditor. 1713. S. 95. Leupolds deutliche Beschreibung der sogenannten Luftpumpe. Leipzig 1707. 4. Erste Fortsetzung. 1711. 4.

4) Nollet's einfache und doppelte Luftpumpe. Sie haben die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmal in die rechte Stellung versetzt.

Nollet, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1740. S. 385 und 567.; 1741. S. 338.; ingl. in den *Leçons de Phys. expérim.* T. III. Leç. X. Karsten's Lehrbegriff der ges. Mathematik. Th. V. S. 432 ff.

s'Gravesande's einfache und doppelte Luftpumpe sind im Wesentlichen den Nolletschen ähnlich, nur mehr zusammengesetzt.

Joh. von Muschenbroek Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe, a. d. Franz. übers. von M. Joh. Christoph Thenn. Augsburg 1765. 8. Karstens Lehrbegr. Th. VI. S. 459 ff.

5) Smeaton's „von Haas verbesserte" Luftpumpe, mit Ventilen, und so eingerichtet, daß sie auch zum Zusammendrücken der Luft angewendet werden kann.

A Letter from M. *J. Smeaton*, concerning some improvements, made by himself in the air-pump; in den *philos. transact.* Vol. XLVII, S. 415 ff. Karsten's Lehrbegriff der Mathem. Th. VI. S. 443 ff. Ebendesselben Anfangsgr. der Naturl. §. 232 ff.

Einige Verbesserungen dieser Luftpumpe hat Herr Leiste angegeben. (Beschreibung einer neuen Luftpumpe. Wolfenbüttel 1772. 4.)

Die Smeatonsche Luftpumpe, mit den von Nairne und Blunt angebrachten Verbesserungen beschreibt Lichtenberg. (Erxlebens Anfangsgr. der Naturlehre, 4te und 5te Aufl. nach der Vorrede.)

(„Fortin's Luftpumpe mit Schiebern und Kolben ohne Ventil. — Sadlers Oelpumpe: Gilbert's Ann. B. I. S. 552; Little's Luftpumpe; ebendas. B. VI. S. 1. Kr.")

6) Cuthberson's „von Reiser verbesserte" Luftpumpe; ohne Hähne und Ventile, mit Stöpseln und Delladen.

Beschreibung einer verbesserten Luftpumpe, von Joh. Cuthberson; a. d. Engl. Manheim 1788. 8.

7) Schrader's Luftpumpe, mit metallenen Kegelventilen.

Beschreibung einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Flensb. u. Leipzig 1791. 8., und in Grens Journ. d. Phys. B. III. S. 557 ff.

8) „Van Marums einstieflige Hahnluftpumpe; Gilbert's Ann. I. und

9) Messerschmidt's zweistieflige Hahnluftpumpe ohne schädlichen Raum; ebendas. XLIII. S. 144 u. f.

10) Mendelsohn's Luftpumpe mit gläsernen Stiefeln und metallenen Kolben ohne Liederung; a. a. O. XXII. S. 96. — Muncke's Verbesserungen der Luftpumpe; a. a. O. XLII. S. 387 u. f. Kr."

Als eigenthümliche Arten der Luftpumpen sind folgende anzusehen:

11) Baader's Luftpumpen mit Quecksilber,

a) Physicalisches Tagebuch, von Hübner. I. Jahrg. 1784. S. 650.
b) Gren's Journ. d. Phys. B. II. S. 526 ff.

12) Hindenburg's Luftpumpe mit Quecksilber.

Antliae novae hydraulico-pneumaticae mechanismus et descriptio, auct. *C. F. Hindenburg*. Lipf. 1787. 4.

§. 429. Zu den Erfordernissen einer guten Luftpumpe gehört: daß sie die Luft so viel als möglich verdünne; daß dieß schnell genug geschehe; daß sie zur Anstellung der nöthigen Anzahl von Versuchen geschickt, und von einfacher Construction sey, und daß sie keinen zu großen Aufwand von Kräften bey der Bewegung der Stempel erfordere.

Eine Vergleichung der mehresten der (§. 428.) angeführten Luftpumpen, nach diesen Erfordernissen, sehe man bey *van Swinden*, posit. phys. T. II. S. 145 ff.

§. 430. Zu den Recipienten bey der Luftpumpe bedient man sich in den mehresten Fällen gläserner Glocken von hinlänglicher Stärke, deren Gewölbe der äußern Luft widersteht, wenn der Druck derselben durch die Verdünnung der Luft unter der Glocke einseitig wird. Um das Eindringen der äußern Luft zwischen dem Rande der Glocke und dem Teller zu verhüten, dient ein angefeuchtetes Leder, in dessen Mitte ein Loch für die Oeffnung im Teller ist. Der Rand der Glocke muß recht eben und glatt geschliffen seyn. Man drückt sie anfangs etwas auf den Teller auf, bis sie hernach bey weiterm Fortpumpen durch den Druck der Atmosphäre fest genug anschließt. Wo aber die Feuchtigkeit des Leders schädlich seyn könnte, bedient man sich eines guten Kittes. Noch besser, obgleich kostbarer, ist es, wenn sowohl der Teller, als die Ränder der Glocken, spiegeleben abgeschliffen sind. Dann braucht man bloß den Rand der Glocke ganz dünne mit Talg zu bestreichen, und so die Glocke ein wenig an den Teller anzudrücken. Sonst verbindet man auch andere Gefäße, aus denen man die Luft auspumpen will, durch Zapfen mit Schraubenmuttern, die in den Schraubengang der Verbindungsröhre des Tellers genau passen, und bringt auch noch mit Oel getränktes Leder dazwischen. Um diese Gefäße mit der verdünnten Luft von der Luftpumpe abzunehmen, dient ein genau schließender Hahn in dem Zapfen.

Von der nöthigen Einrichtung des Recipienten, um verschiedene Bewegungen darunter vornehmen zu können, s. *s'Gravesande* elem. phys. §. 2476—2484.

§. 431. Durch die Luftpumpe kann man keinen vollkommen luftleeren oder torricellischen Raum (§. 379.) hervorbringen, sondern eigentlich nur eine starke Verdünnung der Luft. Die Dichtigkeit der Luft unter dem Recipienten nimmt in geometrischer Progression bey gleichförmigem Auspumpen ab. Bey gleichgroßen Zügen verhält sich ihre Dich-

tigkeit vor jedem Zuge zur Dichtigkeit nach jedem Zuge wie der Raum, in den sie sich nach dem Zuge ausbreitet, zu dem Raume, in dem sie vor dem Zuge eingeschlossen war.

§. 432. Die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten der Luftpumpe, oder eigentlich die Ausdehnsamkeit der darunter befindlichen expansibeln Flüssigkeit, was oft Wasserdampf ist, beurtheilt man durch Elaterometer. Dahin gehört: 1) eine Barometerröhre, die mit ihrem obern offenen Ende mit dem Raume des darauf stehenden Recipienten in Gemeinschaft ist, deren unteres offenes Ende aber in einem hinlänglich weiten Gefäße mit Quecksilber steht, von dessen Oberfläche an eine genau eingetheilte Scale angebracht, und woran die Barometerröhre selbst befestigt ist. Wenn nun die Luft unter dem Recipienten verdünnt wird, so wird sie es auch in dieser Barometerröhre, und der Druck der äußern Luft treibt das Quecksilber darin in die Höhe. Aus der Höhe des Quecksilbers darin, abgezogen von der dermaligen Barometerhöhe, ergiebt sich das Verhältniß der Ausdehnsamkeit des expansiblen Fluidums unter dem Recipienten. Dieser Ausdehnsamkeitszeiger hat zwar den Vorzug, daß er die Verdünnung der Luft im Recipienten gleich von Anfang an bemerklich macht; allein gerade dann, wenn man die genaueste Anzeige verlangt, nehmlich gegen das Ende des Auspumpens, wird er unsicher, wofern nicht, sowohl seine Scale, als die Scale des zur Vergleichung nöthigen feinen Barometers vollkommen genau und übereinstimmend sind. Man muß übrigens das obere Ende des Ausdehnsamkeitszeigers nicht sowohl unmittelbar mit dem Teller, als mit der Communicationsröhre desselben in Verbindung setzen, um ihn auch dann brauchen zu können, wenn statt der Glocke eine Kugel, oder ein anderes Gefäß, nicht auf den Teller gesetzt, sondern auf die Schraube der Communicationsröhre aufgeschraubt wird.

s'Gravesande a. a. O. §. 2151.

„Wenn der Recipient doppelt so viel Raumsinhalt hat, als jener des Stiefels und der Verbindungsröhre zusammengenommen, so

nimmt der erste Stempelhub $\frac{1}{3}$ der Luft des Recipienten weg, und es verbleiben demselben $\frac{2}{3}$; der zweite Stempelhub entfernt den dritten Theil jener verbliebenen $\frac{2}{3}$ und schafft mithin $\frac{2}{9}$ davon fort, wodurch $\frac{4}{9}$ dem Recipienten bleiben, und durch den dritten Hub wird wiederum der dritte Theil von $\frac{4}{9} = \frac{4}{27}$ entfernt, und es verbleiben dem Recipienten nach beendetem dritten Stempelhub noch $\frac{8}{27}$ der ehemaligen Luftmenge übrig, woraus folgt, daß die Verdünnung im angegebenen Falle zunimmt, wie $1 : \frac{2}{3} : \frac{4}{9} : \frac{8}{27}$ mithin, wie $1 : \frac{2}{3} : (\frac{2}{3})^2 : (\frac{2}{3})^3$. Kr."

§. 433. 2) Die gewöhnliche Barometerprobe, eine kurze, mit Quecksilber gefüllte, oben geschlossene, unten offene, Glasröhre, die mit ihrem untern Ende in einem Glase mit Quecksilber steht, und mit einer Scale versehen ist. Das Quecksilber fängt erst an, darin zu fallen, wenn die Luft unter dem Recipienten bis zu einem gewissen Grade der Verdünnung gekommen ist. Die Höhe des darin zurückbleibenden Quecksilbers wird als Maaßstab für die Elasticität angesehen. Wenn aber auch das Quecksilber in dieser Röhre ausgekocht worden ist, so vermischt es sich doch bey seinem Fallen nachher mit dem Quecksilber des Gefäßes, wodurch beym folgenden Gebrauche das Quecksilber darin wieder lufthaltig ist, und so die Probe unrichtig macht.

„Ist bei 28 Zoll paris. Barometerstand die Höhe des Merkurs in der Barometerröhre der Luftpumpe — wie bey vorzüglichen Instrumenten der Art nur = 1''', so ist die Druckkraft der Luft im Recipienten = $\frac{1}{336}$ der Druckgewalt (Spannung) der äußeren atmosphärischen Luft. Kr."

§. 434. Vorzüglich bequem ist 3) die heberförmige Barometerprobe. Der längere Schenkel des Hebers ist offen, und communicirt mit der Verbindungsröhre der Luftpumpe: der andere, nur wenig kürzere, ist geschlossen, und mit gut ausgekochtem Quecksilber gefüllt. Die Länge des Hebers kann man beliebig (etwa von 3 bis 30 Zoll) machen; für den gewöhnlichen Gebrauch ist eine Länge von 10 bis 14 Zoll bequem. So wie man die Luft verdünnt, vermindert sich der Druck auf das Quecksilber im offenen Schenkel; und wenn der Heber volle Barometerlänge hat, so fängt das Quecksilber sogleich an, im andern Schenkel zu fallen: ist er kürzer, so erfolgt dieß nach einigen Stempelzügen. Die Scale zwischen beyden Schenkeln zeigt dann in jedem

Augenblicke unmittelbar, wie groß die Ausdehnsamkeit der noch rückständigen Luft ist. Kurze Heber dieser Art pflegt man auch wohl unter die Glocke zu setzen, doch ist es in jedem Falle bequemer, den Heber mit der Luftpumpe wirklich zu verbinden.

§. 435. 4) Smeatons Elasticitätszeiger (Fig. 136.). In einer heberförmigen, gläsernen, gleich weiten Röhre CBAG, deren kürzerer Schenkel geschlossen, und deren längerer bey G offen ist, befindet sich Quecksilber, z. B. von I bis D, und der Theil CD enthält Luft. Wird nun die Luft im Raume des Recipienten, worin sich der Elasticitätszeiger befindet, verdünnt, so dehnt sich die Luft in CD durch ihre Elasticität aus, und das Quecksilber steigt im längern Schenkel, bis Gleichgewicht da ist.

Zu Folge des Mariottischen Gesetzes läßt sich die Verdünnung der Luft aus der Höhe des Quecksilbers in diesem Elasticitätszeiger nach van Swinden auf folgende Weise beurtheilen. Es sey das Quecksilber im kürzern Schenkel von D bis B herabgedrückt; es sey CD = a; b sey die dermalige Barometerhöhe; IE = c sey die Höhe des Quecksilbers über dem vorigen Niveau, oder über dem Anfange der Scale, und gleich DB; x zeige an, wie vielmal die Luft im Recipienten dünner sey: so ist $x = \frac{b(a+c)}{ba - c(+c)}$.

Van Swinden posit. phys. T. II. S. 165.

§. 436. Alle diese Proben zeigen eigentlich an, wie vielmal minder ausdehnsam die expansible Flüssigkeit unter dem Recipienten sey, als die Luft, die vor dem Auspumpen darunter war; und hieraus ergiebt sich vermittelst des Mariottischen Gesetzes sehr leicht der Grad der Verdünnung, indem die Dichtigkeit einer Luftmasse in gleichem Verhältnisse mit dem Drucke abnimmt. Allein bey der gewöhnlichen Einrichtung der Luftpumpe entbinden sich aus dem nassen Leder auf dem Teller, auch wohl aus dem Oele in den Stiefeln und an den Schrauben, ausdehnsame Dünste, die einen andern Grad von Ausdehnsamkeit haben, als die anfänglich unter der Glocke befindliche Luft. Hierdurch wird der Schluß aus der Ausdehnsamkeit auf die Verdünnung in

einem gewissen Grade unsicher. Ist indessen nur nicht Wasser im Spiele, so bleibt diese Bestimmung der Verdünnung immer sehr brauchbar, weil sich aus Oel viel weniger Dünste entwickeln.

§. 437. Um die wirkliche Verdünnung der Luft unter dem Recipienten zu erfahren, braucht man die Smeatonsche sogenannte Birnprobe: ein gläsernes, birnförmiges Gefäß, das unten offen ist, und sich oben in eine genau cylindrische Röhre endigt, deren Inhalt einen genau bestimmten aliquoten Theil des ganzen Inhalts des Gefäßes ausmacht, und wieder in kleinere Abtheilungen getheilt ist. Man hängt die leere Probe an einen beweglichen Stift, der durch eine Lederbüchse in dem Gewölbe des Recipienten geht, und dadurch hinauf- und herabbewegt werden kann, unter den Recipienten über einem Gefäße mit Quecksilber auf, pumpt die Luft so stark als möglich aus dem Recipienten aus, drückt dann die Birnprobe mit ihrer offenen Mündung in das Quecksilber tief genug hinab, und läßt nun wieder die äußere Luft unter den Recipienten treten. Jetzt drückt diese das Quecksilber in den Raum der Birnprobe hinauf; zugleich wird der Dunst, der den Elasticitätsmesser (§. 436.) afficirte, hierbey durch diesen Druck zersetzt, und es bleibt bloß die Luft übrig. Der Raum dieser eben in der Röhre der Birnprobe übrigbleibenden Luft, verglichen mit dem Raume des ganzen Gefäßes, zeigt an, wie vielmal die Luft unter dem Recipienten wirklich dünner gewesen sey. Aber es ist hierbey wohl zu erinnern, daß, wenn die Birnprobe den wirklichen Grad der Verdünnung anzeigen soll, es unumgänglich nothwendig ist, nachdem man die Luft eingelassen, die Birnprobe so tief in das Quecksilber einzutauchen, daß es inwendig und auswendig gleich hoch stehe, weil sonst die Luft in der Birnprobe nicht gleiche Dichtigkeit mit der äußern Luft haben wird (§. 416.); daß ferner die zurückbleibende Luft in der Birnprobe einerley Temperatur habe mit der vor der Verdünnung; und endlich, daß aus dem

Quecksilber selbst sich keine Luft während des Anfüllens der Birnprobe entwickele. Um das letztere zu verhüten, muß man sich solches Quecksilbers bedienen, das man kurz zuvor ausgekocht hat. Unter Beobachtung dieser Regeln lassen sich denn auch, wie Herr Schmidt gezeigt hat, die Einwürfe heben, die Brook gegen die Richtigkeit dieser Probe gemacht hat.

Wenn man die Birnprobe nicht ganz so tief in Quecksilber eintauchen kann, als es inwendig steht, so müßte man durch Rechnung nach dem Mariottischen Gesetze zu bestimmen suchen, wie groß der Raum x der darin befindlichen Luft unter dem ganzen Drucke der Atmosphäre oder der dermaligen Barometerhöhe b seyn würde gegen den Raum a, den sie jetzt in der Probe einnimmt, da von dem ganzen Drucke der Atmosphäre auf sie noch der Gegendruck abgeht, den die perpendiculäre Höhe c des Quecksilbers darin über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße verursacht. Es ist nehmlich (nach §. 416.)

$x : a = b - c : b$; daher ist

$$x = \frac{a(b-c)}{b}.$$

Joh. Brooks vermischte Erfahrungen über die Electricität, die Luftpumpe und das Barometer; a. d. Engl. mit Zusätzen und Anmerkungen von D. Kühn. Leipzig 1790. 8. Ueber die von Hrn. Brook entdeckte Trüglichkeit der Smeatonschen Birnprobe, und die Mittel, sie zu vermeiden, vom Hrn. Prof. Schmit; in Gren's neuem Journ. der Physik, B. III. S. 150 ff.

„So sinnreich die Birnprobe ausgedacht ist, so wird doch ihre Brauchbarkeit sehr eingeschränkt, dadurch, daß sie bloß unter einer Glocke mit einer Lederbüchse brauchbar ist. Sobald man mit Kugeln (wie z. B bey unmittelbaren Abwägungen von Luftarbeiten) arbeitet, ist sie nicht anwendbar. Dann ist man gezwungen, die heberförmige Probe (§. 434.) zu brauchen, und man kann es unbedenklich, wenn man sonst alle erforderliche Vorsicht anwendet. G."

„In Little's verbesserter Luftpumpe soll die Birnprobe eine 7000fache Verdünnung der Luft angezeigt haben: Gilbert's Ann. B. VI. S. 2. Kr."

§. 438. Der elastische Dunst von Feuchtigkeit, der sich im Raume des Recipienten bey der Verdünnung der Luft zeigt, ist übrigens allerdings ein Mittel, die Luft noch mehr zu verdünnen, als ohne denselben geschehen würde, weil mit seiner fortdauernden Ausziehung auch immer zugleich noch rückständige Luft ausgezogen wird; woraus sich denn auch leicht der Unterschied der Angaben der Birnprobe von denen der Barometerprobe erklären läßt.

„In Leslie's Luftpumpe, zur künstlichen Darstellung des Eises oder Gefrornen, Behufs der Abdunstung von Flüssigkeiten ec. (im D. Gewerbsfreund B. II. u. III.), saugt die unter dem Recipienten in einer Schaale befindliche concentrirte Schwefelsäure den erzeugten Wasserdunst ein, und bildet dadurch fortdauernd einen dunstleeren Raum. — Uebrigens gehört zur guten Luftpumpe noch ein unter dem Recipienten befindlicher Wärme- und Feuchtigkeitsmesser. K."

§. 439. Mit wohleingerichteten Luftpumpen lassen sich nun durch Versuche die vorher angeführten Sätze von der Ausdehnsamkeit und dem Drucke der Luft leicht beweisen und anschaulich machen, und andere Versuche anstellen, die zum Beweise verschiedener noch vorzutragender Sätze dienen.

Versuche hierzu:

Das Quecksilber sinkt im Barometer bey der Verdünnung der Luft, die auf das Quecksilber drückt, und steigt wieder durch Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Das Quecksilber steigt in einer Röhre, die oben offen und mit dem Raume des Recipienten in Verbindung ist, und fällt wieder bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Eine Glasplatte wird sogleich vom Drucke der Luft zersprengt.

Eine Blase, die über einen metallenen Cylinder gespannt ist, wird durch den Druck der äußern Luft mit einem starken Knalle zersprengt, und auch Wasser durch dieselbe getrieben („Die Blase muß ziemlich dünne seyn, wenn sie ohne Anwendung gewisser Handgriffe springen soll".)

Zwey magdeburgische Halbkugeln von 4 Zoll Durchmesser hängen durch einen Druck der Atmosphäre stark zusammen.

Eine schlaffe, fest gebundene Blase mit atmosphärischer Luft schwellt im Guerikschen Raume stark auf, und fällt wieder durchs Hinzulassen der äußern Luft zusammen.

Der Heronsball springt durch die Ausdehnsamkeit der eingeschlossenen atmosphärischen Luft.

Aus einem Gefäße mit enger Mündung, die im Wasser steht, tritt die Luft beym Auspumpen hervor, und die äußere hinzugelassene Luft treibt nachher das Wasser in das Gefäß hinein.

Ein Heber hört in der verdünnten Luft zu laufen auf. („Aber er muß mit Quecksilber gefüllt seyn, und sein höchster Punkt nur wenig (etwa 1 bis 2 Zoll) über dem Quecksilberspiegel stehen. Er hört auf, zu laufen, sobald die Luft so weit verdünnt ist, daß sie keine Quecksilbersäule von dieser Höhe mehr tragen kann. Luft, welche noch einen halben Zoll Quecksilber trägt, kann noch 7 Zoll Wasser tragen: man müßte also Glocken von ungewöhnlicher Höhe haben, wenn der Versuch mit Wasser gelingen sollte.")

Täucherchen, die im Wasser an offener Luft sinken, schwimmen bey verdünnter Luft.

Unter dem Recipienten siedet bey starker Verdünnung der Luft nur mäßig erwärmtes Wasser.

Kaltes Wasser wird im Guerikschen Raume zum elastischen, vollkommen durchsichtigen Dampfe, der sich bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft niederschlägt. Bey der Bildung dieses Dampfes erzeugt sich Kälte, bey dem Niederschlagen Wärme, wie ein empfindliches Luftthermometer beweiset.

* * *

Bier, Milch, Seifenwasser und Sauerteig geben unter der Luftpumpe eine große Menge von Luftblasen von sich.

Holz, das durch etwas angehängtes Bley im Wasser zum Sinken gebracht ist, giebt beym Verdünnen der Luft eine große Menge Luftblasen von sich, und kommt im Wasser zum Schwimmen.

Holz, das von Luft leer gemacht ist, sinkt im Wasser unter.

Warmblütige Thiere sterben schnell in der verdünnten Luft unter der Glocke der Luftpumpe.

Eine brennende Kerze verlischt in der verdünnten Luft.

Bey der Verdünnung der Luft vermindert sich der Schall eines Schlagwerkes darin, und verschwindet beynahe ganz.

„Der Quecksilberregen; hierauf stützen sich Kastner's Seihpumpe, Rommershausen's und Schrader's Luftpresse; s. d. Deutschen Gewerbsfr. B. III. u. Berlinisches Jahrb. für d. Pharmacie. Jahrgang 1819. Kr."

§. 440. Man pumpe aus einem schicklichen Gefäße die darin enthaltene Luft so rein als möglich aus, und hänge dasselbe, nachdem es vor dem Abnehmen von der Luftpumpe durch einen Hahn genau verschlossen worden ist, an eine empfindliche Waage. Man bringe es ins genaue Gleichgewicht, öffne den Hahn, und lasse die äußere Luft hineintreten: so wird es nun einen Ausschlag geben, und die zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nöthigen Gegengewichte werden ohngefähr angeben, wie viel die Luft wiegt, die in den Raum der Kugel geht. Da aber die Dichtigkeit der Luft durch die Wärme vermindert und durch die Kälte vermehrt wird; da sie ferner nicht stets in einerley zusammengepreßtem Zustande in der Atmosphäre ist, wie das Barometer lehrt; und da der in der Luft befindliche Wasserdunst sich nicht immer gleich bleibt: so sieht man leicht, daß man bey Bestimmung des Gewichts von einem bestimmten Raume von Luft hierauf Rücksicht nehmen muß. Die

Angaben über das specifische Gewicht der Luft gegen das Wasser sind aus eben diesem Grunde auch sehr verschieden.

Die Kugel, deren ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist aus der Verlassenschaft des sel. Hofraths Karsten. Sie faßt nahe $119\frac{1}{2}$ rheinl. Decimalcubikzoll, und die Luft wiegt, wenn sie nicht sehr feucht ist, und die Temperatur von 65° Fahr. hat, bey der Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien paris., $73\frac{1}{2}$ Gran Medicinalgewicht: folglich wiegt ein rheinl. Decimalcubikzoll Luft $\frac{147}{239}$ oder 0,615 Gran. Da nun ein Decimalcubikzoll Wasser bey dieser Temperatur 492,229 Gran wiegt (§. 353.): so verhält sich das eigenthümliche Gewicht des Wassers zu dem der Luft wie 492229 : 615, oder nahe 800 : 1. Wenn man das eigenthümliche Gewicht des Wassers zur Einheit annimmt, ist das der Luft 0,0012. — Ein rheinl. Cubikfuß Luft wiegt solchergestalt 615,062 Gran im Medicinalgewichte.

Nach Schukburgh (*Philos. transact.* Vol. LXVII. S. 557.) ist das eigenthümliche Gewicht der Luft bey 29,27 Zoll engl. (27 Z. 5,6 L. paris.) und 10° R. 840mal kleiner, als das des reinen Wassers von eben dieser Temperatur.

Herr Schmidt fand nach einer Mittelzahl von mehrern Versuchen die Luft von 15° — $16\frac{1}{2}$° R. und 28 Z. $1\frac{6}{15}$ L. — 27 Z. $11\frac{2}{16}$ L. Barom. 838mal leichter, als Wasser. (S. dessen Sammlung phys. = mathem. Abh. B. I. S. 114.)

441. Weil aber bey diesen Versuchen die Luft nie ganz aus der Kugel ausgepumpt werden kann, so erfährt man eigentlich nur, wie viel die Luft wiegt, die in die Kugel dringt, nicht das Gewicht des ganzen innern Luftraums der Kugel; und man muß, um genau zu verfahren, bestimmen, wie viel Luft noch in der Kugel geblieben ist. Man kann zu dem Ende erst die luftvolle Kugel an der Waage genau wägen, hierauf die Luft daraus so stark als möglich auspumpen, bey verschlossenem Hahne wieder wägen, und so das Gewicht der ausgezogenen Luft finden, worauf man unter ausgekochtem Wasser den Hahn öffnet, das Wasser hineintreten läßt, und durch Umkehrung der Kugel die darin noch übrige Luft in ein Gefäß mit Wasser leitet, worin man sie genau bey bestimmter Temperatur messen kann. Der Raum dieser Luft, abgezogen vom innern Raumesinhalte der Kugel, giebt im Raume den Rest der Luft an, die man gewogen hat. Dieses Verfahren ist sicherer, als aus der Vergleichung der Gewichte der ausgepumptem Luft und des nachher in die Kugel getretenen Wassers unmittelbar das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte zu finden.

Noch bleibt allerdings ein Fehler wegen des Gewichts des in der ausgepumpten Kugel befindlichen Dunstes; er kann aber nur unbeträchtlich seyn.

§. 442. Auf eine ähnliche Weise läßt sich auch das Gewicht anderer Luftarten bey einem bestimmten Volum erfahren, und so das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte unter einander sowohl, als gegen das Wasser bestimmen.

S. oben S. 253.

§. 443. Da die Luft, wie jeder flüssige Körper, nach allen Seiten drückt, so muß jeder darin befindliche Körper, wie beym Abwägen im Wasser, nicht mit seinem absoluten Gewichte sinken, sondern so viel davon verlieren, als die Luft wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt; und ein und eben derselbe Körper muß aus eben diesem Grunde in der Luft schwerer werden, oder eigentlich, sein respectives Gewicht (§. 332.) muß zunehmen, wenn er in einen engern Raum zusammengedrängt wird, wie auch die Erfahrung lehrt. Eben so muß auch die Fallhöhe der schweren Körper in der Luft anders seyn, als im leeren Mittel (§. 216.)

Ein ausgedehnter aufgelockerter Federsack ist leichter, als wenn er enge zusammengeschnürt ist.

Hierher gehören auch die Erscheinungen des Pulshammers.

§. 444. Da ferner ein und eben derselbe feste Körper, in einer Flüssigkeit abgewogen, um desto weniger von seinem absoluten Gewichte verliert, oder ein desto größeres respectives Gewicht behält, je geringer das specifische Gewicht der Flüssigkeit wird (§. 336.): so müssen einerley Körper, in Luft von verschiedener Dichtigkeit gewogen, ungleich viel wiegen.

§. 445. Hierauf gründet sich das Guerikische Manometer (Manometrum, Dasymetrum). Es wird nehmlich an einen empfindlichen Waagebalken eine hinlänglich große, hohle, aber luftdicht verschlossene, metallene, oder besser, gläserne Kugel aufgehängt, und durch ein massives Gewicht von Bley, das gegen die Kugel einen viel kleinern Raum einnimmt, ins Gleichgewicht gebracht. Wenn sich

nun die Dichtigkeit der Luft ändert, so müssen beyde ungleich viel von ihrem Gewichte verlieren: und zwar, wenn die Luft dichter wird, so giebt das Gegengewicht den Ausschlag; wird sie aber dünner, so sinkt die Kugel. Herr Fouchy und Gerstner haben eine Verbesserung dieses sehr brauchbaren Werkzeuges angegeben, und letzterer hat zugleich die Anwendung desselben bey Höhenmessungen mit dem Barometer gezeigt.

Otton. de Guerike exper. nov. S. 114. Beschreibung eines Dasymeters, oder eines Werkzeugs, um die Dichtigkeit einer jeden Luftschicht zu messen, von Herrn de Fouchy: übersetzt in **Lichtenbergs** Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. III. St. 4. S. 93 ff. Gerstner's Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmessungen; in den Beobacht. auf einer Reise nach dem Riesengebirge, Dresden 1792. 8. S. 271., und in **Grens** Journ. der Phys. B. IV. S. 172.

„Saussure's von Berthollet verbessertes Manometer, Rettberg's Manometer; Gilbert's Ann. XLII. 99. Kr."

§. 446. Dieses Werkzeug läßt sich auch gebrauchen, um das absolute Gewicht eines bestimmten Raumesinhalts der Luft, und also ihr eigenthümliches Gewicht, unter verschiedenen Umständen derselben, auf eine sehr einfache Weise zu erfahren.

Es sey eine hinlänglich große Kugel von dünnem Glase, die luftdicht verschlossen, am besten, zugeschmolzen ist, und deren ganzer Raumesinhalt V heiße, an einer dazu eingerichteten, empfindlichen Waage, bey einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Barometerstande der Luft, mit einem massiven metallenen Gegengewichte von Bley, dessen ganzer Raumesinhalt v ist, ins genaue Gleichgewicht gesetzt. Der Luftraum, welcher manometrisch das Werkzeug afficirt, ist $V - v = a$, was man durch genaue Ausmessung der beyden Körper am besten durch Wasserwägen (§. 557.) bestimmt, und, in bekannten Maaßen, z. B. paris. Cubikzollen, ausgedruckt, ein- für allemal merkt. Man sucht ferner das absolute Gewicht P eines Luftvolums a in bekannten Gewichtstheilen, bey eben derselbigen Temperatur und demselbigen Barometerstande, nach der vorher (§. 441.) angegebenen Methode, und merkt dieses Gewicht ein- für allemal: so hat man $\frac{P}{a}$, oder das eigenthümliche Gewicht für atmosphärische Luft von bestimmter Temperatur und Zusammendrückung. Wenn sich nun die Beschaffenheit der Luft ändert, und ihr eigenthümliches Gewicht zu- oder abnimmt, so wird das Gleichgewicht gestört, und man muß im erstern Falle Gewichtstheile zur Kugel, im andern Falle zum Gegengewichte legen, um das Gleichgewicht herzustellen. Die Summe dieser Gewichtstheile heiße p, so ist demnach das absolute Gewicht des Luftvolums a bey vermehr-

der Dichtigkeit P + p, bey verminderter Dichtigkeit aber P — p geworden, und man findet das jetzt veränderte eigenthümliche Gewicht durch $\frac{P+p}{a}$ oder $\frac{P-p}{a}$, weil a sich immer gleich bleibt (§. 437.). Wenn die Luft noch einmal so dicht würde, als sie bey Bestimmung des P und bey Regulirung des Werkzeuges war: so würde p = P, oder P + p würde 2 P werden; im leeren Raume aber wäre P — p = 0.

Man hängt die Kugel und das massive Gegengewicht nicht unmittelbar an den Waagebalken, sondern an kleine, gleich große und gleich schwere Waagschalen, die an Haken hängen, wie bey der gewöhnlichen hydrostatischen Wage; diese Waagschälchen dienen zur Aufnahme der Gewichte p. Diese Gewichte nehmen übrigens zwar selbst Raum ein; er ist aber, als sehr unbeträchtlich gegen a, wohl ohne merklichen Fehler aus der Acht zu lassen: sonst kann man ihn auch aus dem einmal bekannten eigenthümlichen Gewicht ihrer Materie leicht berechnen.

„Noch schließen sich hier an die Betrachtungen des Widerstandes der Luft, gegen darin zu bewegende Körper. Es gehören hierher die Phänomene des Fliegens und der Luftschifffunst; vergl. Prechtl's Bemerk. in Gilbert's Ann. XXX. S. 502. Ueber Degen's Flugmaschine; ebendas. S. 520 — 527. und XXXVI. S. 1. — T. Cavallo: Geschichte der Aerostatik. Aus dem Engl. Leipzig 1786; s. Gilbert: Ueber die Luftfahrten der Bürger Garnerin und Robertson. Halle 1804. 8. Nachricht von den Luftreisen der Herren Sacharow in St. Petersburg, Biot und Gay-Lussac in Paris, und die des Graf. Zambeccari; Gilbert's Ann. XX. XXII. u. Zachariä's: Elemente der Luftschifffunst. — Ueber den Gebrauch des Fallschirm's (Parachute) a. a. O. Kr."

Siebentes Hauptstück.

Schwingungsbewegungen schallender und klingender Körper.

---

§. 447.

Das Anschlagen an feste, gespannte, mit Schnellkraft oder Federkraft begabte Körper, das Streichen gespannter Saiten, das schnelle und plötzliche Hervorbrechen elastischer Flüssigkeiten aus engen Mündungen fester Körper, wie z. B. bey

bey der Entzündung des Schießpulvers in Schießgewehren, bey der Entzündung der Knallluft in der electrischen Pistole, sind für uns mit einer Wirkung begleitet, die wir nach einem generischen Ausdrucke Schall nennen.

„Die Akustik oder Phonik oder Lehre vom Schall, umfaßt sämmtliche von außen her durch das Ohr zur Wahrnehmung gelangende Erscheinungen. Kr."

§. 448. Wenn die Veränderung des Zustandes des schallenden Körpers in unserm Gehörorgane die Empfindung bewirken soll, so muß es nothwendig ein Medium geben, durch welches diese Veränderung die Gehörwerkzeuge afficirt; und dieß ist gemeinhin die Luft, ohne welche um den schallenden Körper herum für uns kein Schall da seyn würde, vorausgesetzt, daß kein anderes dazu fähiges Medium den Schall zu unsern Gehörwerkzeugen fortpflanzte.

§. 449. Wir müssen also bey der Darstellung der Lehre vom Schalle Rücksicht nehmen: 1) auf den ursprünglich den Schall erregenden Körper (Corpus sonorum), und 2) auf das den Schall bis zu unserm Gehöre fortpflanzende Mittel.

„Ich unterscheide Urschaller und Mitschaller; erstere erzeugen den Schall, letztere pflanzen ihn fort, oder leiten ihn. Jeder Urschaller ist auch Schallleiter, und jeder Mitschaller vermag unter gehörigen Bedingungen Schall zu erregen; vergl. m. Grundr. d. Experimentalphysik. Cap. IX. Kr."

§. 450. Um den Zustand, worin die ursprünglich schallenden Körper während des Schallens sich befinden, gehörig beurtheilen zu können, wollen wir eine gespannte Saite als Beyspiel wählen. Soll sie fähig seyn, Schall (Klang) zu erregen, so muß sie einen gewissen Grad der Spannung haben. Wird die gespannte Saite, wie z. B. an der Harfe, aus der geraden Linie, in der sie im Zustande der Ruhe ist, durch Druck daran gebogen, so kommt sie offenbar in Bewegung, wenn der Druck des Fingers, der sie bog, wieder wegfällt, und zugleich entsteht nun auf unser Gehörorgan die Wirkung, die wir Klang nennen. Der Grund der Bewegung der klingenden Saite ist ihre

Contractilität oder Schnellkraft. Wird nehmlich die gespannte Saite aus der geraden Linie gedrückt, so wird sie ja dadurch gedehnt; ihre gedehnten Theile suchen sich wieder so viel als möglich zu nähern, und sie strebt also, sich wieder in die Gestalt ihrer kürzesten Länge, d. i., in die gerade Linie zu versetzen. Da sie aber, wenn sie in diese Lage gekommen ist, eine determinirte Geschwindigkeit erlangt hat (indem die Contractilität als stetige Kraft, obwohl als veränderliche Größe, wirksam ist), so bleibt sie in der geraden Richtung nicht ruhen, sondern beugt sich auf die entgegengesetzte Seite, von da wieder zurück, u. s. f., bis endlich diese Bewegungen durch den Widerstand der Luft immer kleiner und kleiner werden, und so die Saite wieder in Ruhe kommt.

§. 451. Die zum Schalle oder Klange erforderliche Bewegung der Saite ist also offenbar ein pendelartiges Schwingen derselben, kein bloßes Erzittern ihrer kleinsten Theile.

„Nur die wirklich tönenden Körper zeigen pendelartige Schwingungen, bei allen übrigen Arten des Schalls (z. B. dem Knall, Knistern, Zischen, Sausen, Knirschen, Knarren ꝛc.) sind die Bewegungen oder Erzitterungen nichts weniger als pendelartig, sondern stets mehr oder weniger von der Richtung schwingender Pendel abweichend. Kr."

§. 452. Da demnach das Wesen des tönenden oder Ton gebenden Schalles in pendelartigen Schwingungen der schallenden Körper ihrer Theile besteht, so folgt, daß alle Körper, welche, oder deren Theile einer solchen schwingenden Bewegung fähig sind, ursprünglich schallende Körper werden können; und dahin gehören alle feste contractile, und alle expansible, oder überhaupt alle sogenannte elastische, ihre Elasticität sey entweder eine attractive oder expansive.

453. Wenn aber der Schall schallender oder klingender Körper für uns hörbar seyn soll, so müssen die Schwingungen derselben oder ihrer Theile eine bestimmte Geschwindigkeit haben. Deßhalb müssen die contractilen Körper,

wenn sie schallend seyn sollen, eine gewisse Spannung haben, damit ihre Schwingungen den nöthigen Grad der Geschwindigkeit erlangen. Eine schlaffe Saite klingt nicht, weil sie nicht geschwinde genug schwingt.

§. 454. Von der Menge der schwingenden Theile und von der Größe der Schwingungsbogen hängt die Größe oder Stärke des Schalles ab, von der Dauer derselben die Dauer des letztern.

§. 455. Wenn diese Schwingungen regelmäßig, d. i. pendelartig und gleichzeitig erfolgen, so heißt die Empfindung, die sie in unserm Gehörorgane bewirken, ein Klang; sonst aber, wenn das Gegentheil Statt findet, ein Geräusch, Getöse, dumpfer Schall. Ein augenblicklich vorübergehender Schall heißt ein Knall.

§. 456. Wenn man zwey Saiten, die aus einerley Materie bestehen, und gleich dick, aber ungleich lang sind, gleich stark spannt, so machen sie nicht einerley Empfindung auf unser Gehör, wenn sie erschüttert werden. Wir sagen, daß die kürzere Saite höher, die längere aber tiefer klinge; und das Verhältniß der Höhe oder Tiefe eines Klanges nennen wir Ton.

„Die unmittelbare Verbindung, in welcher der Schall mit unserer ersten und nothwendigsten Lebensbedingung, mit der Athmung steht, zeigt, wie tief die Welt des Klanges in unsere eigene Innenwelt eingreift, und läßt die Art ahnden, wie die Gewalt, welche die Töne über unser Lebensgefühl üben, sich mit unsern innersten Lebensbewegungen ausgleiche, und so der Sprache ihre natürliche declamatorische und der Musik ihr rythmische Bedeutung gebe. Kr."

§. 457. Die Schwingungen der Saite bey ihrem Klingen sind pendelartig (§. 451.). Da nun ein Pendel desto langsamer schwingt, je länger es ist, so muß auch bey dem tiefen Tone der längern Saite die Anzahl der Schwingungen in einerley Zeit nicht so groß seyn, als bey dem höhern Tone der kürzern Saite. Tiefe Töne sind also solche, wobey in einerley Zeit weniger Schwingungen sind, als bey andern, mit denen man sie vergleicht, und hohe Töne, bey welchen mehr Schwingungen in eben dieser Zeit

Statt finden. Es giebt aber für das menschliche Ohre eine gewisse Höhe und Tiefe, über und unter welche der Ton nicht weiter verglichen werden kann.

§. 458. Die Contractilität der gespannten Saiten ist der Grund ihrer Schwingungen beym Klingen, oder ist die bewegende Kraft dabey; ihre Thätigkeit nimmt daher zu, je mehr die Saiten gespannt werden. Was also bey den Pendeln die verschiedenen Schweren sind, das sind bey den Saiten die spannenden Gewichte, wodurch wir die Größe der Spannung ausdrucken können. Und so wie ein Pendel geschwinder schwingt, wenn die Schwere stärker darauf wirkt, so schwingt auch eine Saite bey gleicher Länge schneller, wenn sie stärker gespannt ist. Da nun von der Geschwindigkeit ihrer Schwingungen die Höhe ihres Tones abhängt, so sieht man leicht ein, daß man bey Bestimmung der Tonhöhe der Saiten auch außer der Länge auf ihre Spannungen Rücksicht nehmen müsse. Bey sehr langen und dicken Saiten läßt sich diese Ungleichheit ihrer Schwingungen, wenn sie verschiedentlich gespannt sind, auch schon durchs Auge wahrnehmen.

„Die Schwingungen klingender Körper sind entweder transversal (wobey sich die Theilchen abwechselnd hin und her bewegen) oder longitudinal (abwechselnd zusammenziehend und wieder ausdehnend) oder drehend oder kreisend. Für das Ohr sind die Eindrücke der Transversal-Schwingungen allein angenehm; die übrigen mehr oder weniger widrig, und dort, wo außer der transversalen Schwingung Spuren von longitudinalen oder drehenden mit eintreten, erleidet der gleich hohe oder gleich tiefe Ton jene Aenderung, welche weder von der Länge, noch von der Spannung, noch von der Dicke, sondern von der eigenthümlichen Beschaffenheit der Substanz und vom Bau des klingenden Instruments abhängig ist. K."

§. 459. Endlich kommt in Ansehung der Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gegebenen Zeit macht, auch die Dicke derselben in Betracht, und sie widersteht der Bewegung um desto mehr, je mehr Masse sie bey gleicher Länge und Spannung hat: sie muß also desto langsamer schwingen, und also einen tiefern Ton geben, je dicker sie ist, und umgekehrt, wenn die Längen und Spannungen gleich sind. Man hat folglich bey Bestimmung der

Tonhöhe einer Saite 1) auf ihre Länge, 2) auf ihre Spannung, und 3) auf ihre Dicke zu sehen.

§. 460. Die Erfahrung bestätigt folgende aus dem Vorhergehenden fließende Sätze bey Saiten von einerley Materie.

1) Bey gleich langen und gleich dicken, aber ungleich gespannten Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen, folglich ihre Tonhöhe, wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte oder Gewichte.

Wenn wir die Anzahl der Schwingungen oder die Tonhöhe der Saiten von gleichartiger Materie N, n, die spannenden Gewichte oder Kräfte P, p, die Längen derselben L, l, und die Durchmesser derselben D, d nennen, und L=l, und D=d ist, so ist $N : n = \sqrt{P} : \sqrt{p}$.

2) Bey gleich gespannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt wie ihre Längen.

Wenn P=p, und D=d, so ist $N : n = l : L$.

3) Bey gleich langen und gleich gespannten Saiten, die ungleich dick sind, verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt, wie ihre Durchmesser. — Eine Saite von ungleicher Dicke giebt falsche oder vermischte Töne an.

Wenn L=l, und P=p, so ist $N : n = d : D$.

§. 461. Es ist also bey Saiten von einerley Materie und gleicher Dicke die Anzahl ihrer Schwingungen oder ihre Tonhöhe in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden des Quadrats der spannenden Gewichte und dem umgekehrten der Längen derselben.

Es ist $N : n = \frac{\sqrt{P}}{L} : \frac{\sqrt{p}}{l}$.

Das Monochord und Tetrachord.

§. 462. Ein Paar Saiten haben den Einklang, wenn sie gleichviel Schwingungen in einerley Zeit machen. Wenn aber die eine Saite bey gleicher Dicke und Spannung nur halb so lang ist, als die andere, oder noch einmal so viel Schwingungen macht, so giebt sie, der Erfahrung zu Folge, die Oberoctave des Grundtons an, den die

andere Saite angiebt. Wenn ihre Längen sich verhalten wie 2 : 3, oder wenn die kürzere $\frac{2}{3}$ der Länge der andern hat, und sie also drey Schwingungen in einerley Zeit gegen zwey Schwingungen derselben macht, so giebt diese kürzere die Quinte der längern an; sie ist die Quarte des Grundtons, wenn sie $\frac{3}{4}$ der Länge derjenigen Saite hat, welche diesen angiebt; die große Terze, wenn ihre Länge $\frac{4}{5}$, die kleine Terze, wenn sie $\frac{5}{6}$; die große Sexte, wenn sie $\frac{3}{5}$; die kleine Sexte, wenn sie $\frac{5}{8}$; die Oberduodecime, oder die Oberoctave der Quinte, wenn sie $\frac{1}{3}$; die Oberduodecime-Septime, oder die doppelte Octave der großen Terze, wenn sie $\frac{1}{5}$ von der Länge derjenigen Saite ist, welche den Grundton angiebt. Es läßt sich nach dem Angeführten leicht angeben, wie die Spannungen der Saiten seyn müssen, wenn sie gleich lang und dick sind, und die angeführten Töne angeben sollen; oder auch, wenn sie gleich gespannt und gleichlang sind, wie ihre Dicke seyn müsse, wenn sie diese Töne angeben sollen.

„Wenn sich die Schwingungsverhältnisse, welche zwey Tönen in gleichen Zeiten zukommen, in den kleinsten ganzen Zahlen bis zur 6 und deren Verdoppelungen angeben lassen, so sind die Töne consonirend, sind hingegen zur Vergleichung größere Zahlen als die 7 nöthig, so sind sie dissonirend. Bestimmungen, aus denen sich die Theorie des harmonischen Dreyklangs und der Octave ableiten läßt. Kr."

Die Lehre von der Tonleiter und der Temperatur gehört nicht in ein Lehrbuch der Physik, so wenig als die Lehre von den Consonanzen und Dissonanzen der Töne. Ich übergehe sie deßwegen hier.

§. 463. Es sey (Fig. 137.) eine gespannte Saite AB des Monochords in irgend eine Anzahl gleicher Theile, z. B. in viere, Aa, ab, bc und cB, abgetheilt. Man stelle den Steg in c. Man hänge schmale und leichte Streifchen Papier neben einander auf die Saite von A bis c, und streiche mit einem Violinbogen den Theil cB der Saite an. Es wird nun der Ton gehört, der vermöge des abgekürzten Theils cB der Saite Statt finden muß, und der sich zum Grundtone der Saite verhält wie AB zu cB, oder wie 4 zu 1. Zu gleicher Zeit werden nun alle Papierstreifchen längs dem

Theile AC herabgeworfen, ausgenommen die in a und b hängenden.

§. 464. Dieser Versuch lehrt offenbar: daß es in dem Theile Ac der Seite jenseits des Stegs ebenfalls Schwingung giebt, während cB klingt: daß aber nicht bloß der Punkt c der Saite, wo der Steg steht, sondern auch jenseit desselben a und b in Ruhe sind; daß ganze Stellen der Saite zwischen diesen Punkten schwingen, während cB schwingt; und daß die Stellen zwischen den ruhenden Punkten wechselseitig in entgegengesetzten Richtungen schwingen, wie Fig. 139. es anzeigt. Die ruhenden Punkte a, b und c der Saite heißen Schwingungsknoten. Der Punkt der Saite, welchen der bewegliche Steg berührt, ist nehmlich allemal ein Schwingungsknoten.

§. 465. Man nehme, wie Fig. 139., durch Verrückung des Stegs unter der Saite bis c, cB $\frac{2}{5}$ der Länge AB, streiche cB an und lasse es klingen: so wird die Höhe des Tons sich zum Grundtone verhalten wie 5:2, oder wie AB zu cB, und es werden drey Schwingungsknoten, nehmlich a, b und c, da seyn. Man verrücke ferner den Steg, und nehme den anzustreichenden Theil der Saite (Fig. 140.) dB $=\frac{1}{3}$ von der ganzen Länge AB: so wird man nach dem vorigen Verfahren zwey Schwingungsknoten, nehmlich b und c, haben, wobey die Tonhöhe des Klanges von dB zum Grundtone der Saite sich verhält wie 3 : 1. Man stelle (Fig. 137.) den Steg in b, oder in die Mitte der Saite, und streiche bB oder Ab an: so wird es, außer an der Stelle, wo der Steg ist, keinen Schwingungsknoten weiter geben. Man mache endlich durch Verrückung des Stegs den klingenden Theil der Saite $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$ ihrer Länge: so wird man auch außer der Stelle des Stegs keinen Schwingungsknoten in der Saite weiter antreffen.

§. 466. Um die Anzahl der Schwingungsknoten bey einer durch einen Steg oder sonst durch Berührung abgetheilten Saite zu bestimmen, setze man die ganze Länge der

Saite in eine Anzahl gleich großer Theile getheilt, welche L heißt, wovon das ursprünglich klingende Stück der Saite die Anzahl l enthält; man sehe l als den Zähler, und L als den Nenner eines Bruches an; man bringe diesen Bruch $\frac{l}{L}$ auf die kleinste Bennenung, und ziehe dann l von L ab: so giebt der Rest die Anzahl der Schwingungsknoten. — Daraus folgt denn auch, daß bey verschiedenen Tonhöhen doch einerley Anzahl von Schwingungsknoten daseyn könne, indem die Glieder zweyer Brüche von verschiedenem Werthe einerley Differenz haben können; und daß also nicht jeder Ton seine bestimmte Anzahl Schwingungsknoten habe.

Wenn l gegen L sehr klein und die Saite nur kurz ist, so darf man das Resultat der angeführten Versuche (§. 465. 465.) nicht erwarten, weil dann die Schwingungen theils zu schwach, theils die Schwingungsknoten einander zu nahe sind.

Einige Bemerkungen über die Schwingungsknoten bey klingenden Saiten, von J. G. Voigt; in Gren's neuem Journal der Physik. B. II. S. 352. ff.

§. 467. Nicht bloß bey klingenden Saiten sind in ihren anscheinend ruhenden Theilen schwingende Stellen und ruhende Punkte; sondern auch bey andern klingenden Körpern, wie bey klingenden Stäben, Ringen, Cylindern, Glocken, Scheiben, sind während ihres Klanges ganze Stellen in entgegengesetzten Schwingungen begriffen, während die Gränzen derselben in Ruhe sind. Das Wesen des Schalles besteht also auch bey ihnen nicht in einem Zittern ihrer kleinsten Theile, sondern in Schwingungsbewegungen ganzer Stellen, die durch ihre Contractilität veranlaßt werden. Herr Chladni hat das Verdienst, diese Wahrheit zuerst außer allen Zweifel gesetzt, und ein Mittel erfunden zu haben, die Schwingungsbewegungen bey klingenden Flächen auch sichtbar zu machen, und die ruhenden Stellen durch Klangfiguren darzustellen.

„Auch gehören hierher die netzförmigen Wellen (s. weiter unten §. 475.) welche Wasser in einem, durch Streichen auf dem Rande zum Klingen gebrachten Krystallglase oder noch besser auf der durch den Geigenbogen zum Klingen gebrachten (Glas rc., Metall- oder Holz-) Scheibe zeigt, und deren Gestalt man durch Aufstäuben von

Bärlappsaamen gleichsam firiren kann; vergl. m. Grundr. der Experimentalphys. Cap. IX. Kr."

Entdeckungen über die Theorie des Klanges von Ernst Florens Friedrich Chladni; Leipzig 1787. 4.

Akustik, von demselben; Leipzig 1800. 4.

§. 468. Man nehme zu dem Ende eine kreisrunde Scheibe (Fig. 141.) von Fensterglas, die ohne Knoten und Blasen gleichförmig dick ist, und etwa vier bis acht Zoll im Durchmesser hat; man bestreue sie mit feinkörnigem Sande; man lege sie in ihrem Mittelpunkt auf einen etwas zugespitzten Kork, drücke sie von oben her mit dem Finger an den Kork an, unterstütze sie auch noch am Rande in g, oder q, oder t, oder r, und streiche den Rand in n, oder p, oder f, oder m, überhaupt 45 Gr. von der berührten Stelle, mit einem mit Colophonium bestrichenen Violinbogen in senkrechter Richtung unter mäßigem Drucke. Die Scheibe wird einen Klang geben; zugleich aber wird der Sand auf der Scheibe von ihren schwingenden Stellen bewegt werden, und sich bey anhaltendem Streichen und Klingen der Scheibe an den ruhenden Stellen anhäufen, und so die Figur der Zeichnung erhalten.

„Bequemer stellt man diese und ähnliche Versuche mit Hülfe der auf der zweyten Kupfertafel m. Grundr. der Experimentalphysik abgebildeten Vorrichtung an. — Zum Bestäuben dient vorzüglich Bärlappsaamen (Lycopodium), wenn es darauf ankommt, die Entstehung der Klangfiguren und das Verhältniß aller klingenden Theilchen während des Klanges anschaulich zu machen. Vergl. a. a. O. Kr."

§. 469. Man halte ferner die Scheibe in ihrem Mittelpunkte fest, und streiche sie etwa 30 Grad von der gedämpften Stelle des Randes in p, oder r, oder q, u. s. w. (Fig. 142.) an: so bildet der Sand die Klangfigur der Zeichnung. — Man fasse die Scheibe (Fig. 143.) bey n in einiger Entfernung vom Rande zwischen dem Daumen und Zeigefinger, und streiche sie in m: so bildet der Sand den Kreis n. — Man fasse die Scheibe (Fig. 144.) wie vorher, und streiche sie in p (90 Grad von der gehaltenen Stelle); und es entsteht noch die gerade Linie in der gezeichneten Klangfigur. — Man fasse die Scheibe ferner wie

vorher, stemme sie bey g oder p (Fig. 145.) an einen eckigen und nicht allzuharten Körper an, und streiche in m (45 Gr. von der Stelle, wo man sie hält); und es entstehen außer dem Kreise noch zwey gerade, sich durchkreuzende Linien. — Man halte die Scheibe nicht in der Mitte, sondern bey p (Fig. 146.), und streiche bey f oder n, oder bey r oder s; und es bildet der Sand die gerade Linie durch die Mitte der Scheibe und drey Bogen. — Man stemme die Scheibe (Fig. 147.) bey e an eine Kante, indem man die Figur in c und d an den Rand derselben setzt, und streiche in f: es bilden sich dann die beyden geraden, gegen einander geneigten Linien c und d. — Man drücke eine elliptische Scheibe (Fig. 148.) in der Mitte c auf den Kork an, dämpfe die beyden Punkte des Randes p und q mit den Fingern, und streiche in r, wo sich dann die Klangfigur der Zeichnung bildet. — Wenn man die Quadratscheibe (Fig. 149.) in ihrer Mitte auf den Kork drückt, und an einer ihrer Ecken streicht, so bildet der Sand zwey sich rechtwinklig durchkreuzende gerade Linien, die von der Mitte des Randes der Scheibe ausgehen; wenn man aber in der Mitte des Randes streicht, so laufen die Linien (Fig. 150.) von den Ecken der Scheibe aus. — Man fasse die Quadratscheibe bey a zwischen dem Daumen und Zeigefinger, und unterstütze sie auch noch in b, und streiche an der Ecke der Scheibe in c: so entsteht die gezeichnete Klangfigur. — Man halte die Quadratscheibe (Fig. 151.) in o oder q, und streiche in p oder n, um die gezeichnete Klangfigur zu erhalten. Wird die Stelle, wo man die Scheibe hält, etwas verändert, oder streicht man an einer der Ecken in c oder o (Figur 152.): so kann sich der vorige Klang auch durch drey, gekrümmt durch die Scheibe gehende, Linien darstellen.

§. 470. So kann man also dadurch, daß man die Scheibe an andern Stellen hält und unterstützt, und an andern Stellen des Randes streicht, sie jedesmal nöthigen,

sich anders abzutheilen; und man kann solchergestalt mit veränderten Tönen derselben andere Klangfiguren zuwege bringen, und eine ungemein große Mannigfaltigkeit erhalten. Nicht immer aber ist jede Abänderung der Klangfigur mit einer bemerkbaren Abänderung des Tons verknüpft.

§. 471. Um eine Klangfigur hervorzubringen, ist es nöthig, die Linien der Fläche, welche als ruhend verlangt werden, durch Unterstützung oder Dämpfung in Ruhe zu bringen, und die in Schwingung zu setzenden Stellen in Bewegung zu setzen. Indessen ist es, wie wir (§. 469.) gesehen haben, nicht nöthig, jeden Punkt der zur Ruhe zu bringenden Linie besonders zu dämpfen, und jeden schwingenden Theil besonders in Schwingung zu setzen; sondern man braucht nur einen Punkt der Linie, welche ruhen soll, zu dämpfen, und eine Stelle am Rande der Scheibe durch Streichen in Schwingung zu setzen, da sich dann diese Bewegung den übrigen zu bewegenden Theilen der Scheibe mittheilt. Durch einige Uebung kann man es leicht dahin bringen, die verlangten Figuren sehr rein und schnell zu erhalten. Die nöthige Dämpfung der Stellen läßt sich bequem durch zugespitzte Korkstöpsel, worauf man die Scheibe legt, anbringen.

Beytrag zu den Versuchen über die Klangfiguren schwingender Flächen, von Joh. Gottfr. Voigt: in Gren's neuem Journal der Physik, B. III. S. 391 ff.

§. 472. Bey den meisten Klangfiguren nehmen gewisse feste Linien mehrentheils schlangenförmige Krümmungen an, deren Anzahl bey jeder Figur bestimmt ist. Aus solchen neben einander gehenden Linien ist die Lage der Krümmungen fast allemal so beschaffen, daß entweder zwey unmittelbar neben einander befindliche Linien, oder in wenigen Fällen zwey durch eine gerade Linie getrennte schlangenförmige Linien, gegenseitig sich einander nähern und von einander entfernen. In jedem Näherungspunkte können sie sich so verbinden, daß sie einander durchkreuzen; es nehmen also in diesem Falle zwey sich nähernde Krümmungen (Fi-

gur 154. und 155.) die Gestalt von Fig. 153. an. Eben so können zwey einander durchschneidende Linien (Fig. 153.) sich in der Mitte so trennen, daß zwey gegen einander stehende Bogen krummer Linien (Fig. 154. und 155.) daraus werden. Manche Figuren werden dadurch so verändert, daß man ohne Uebung ihre eigenthümliche Gestalt daraus nicht würde beurtheilen können. Der Ton ist bey einer abgeänderten Figur derselbige, als wenn diese Figur regelmäßig erscheint. Diese Abänderungen der Figuren kann man oft durch wenige Verrückung der Unterstützungspunkte der Scheibe oder der zu streichenden Stelle des Randes erhalten.

Chladni Entdeckungen über die Theorie des Klanges. S. 19 ff.

„Werden die klingenden Scheiben während des Klanges und kurz nach dem Klange mit genauen Electricitätszeigern untersucht, so zeigen die schwingenden und ruhenden Stellen ungleiche Electricitäten, und waren sie mit leicht zersetzlichen Flüssigkeiten belegt, so scheinen — bey großen Scheiben — Spuren von, durch die Electricitäten bedingten, chemischen Zersetzungen vor sich zu gehen; vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie S. 105. Kr."

§. 473. Bey dem Klingen der Scheiben schwingen allezeit zwey Stellen, die durch eine ruhende Linie von einander abgesondert sind, wie z. B. (Fig. 153.) anb und bod, oder (Fig. 149.) ebg und mbg, nach entgegengesetzten Richtungen; oder die Krümmung der einen Stelle befindet sich über ihrer natürlichen Lage, während die andere Stelle unter dieselbe gekrümmt ist, und umgekehrt. Zwey Stellen, die in entgegengesetzten Winkeln der sich durchkreuzenden Linien stehen, z. B. anb und cmd (Fig. 153.), oder ebg und fcn (Fig. 149.), oder hcm und nmg (Fig. 150.), schwingen allemal nach der nehmlichen Richtung.

Chladni a. a. O. S. 19.

§. 474. Bey den Arten des Klanges der Scheiben, wo sich sternförmige Figuren zeigen, machen nicht die Stellen am Rande die weitesten Schwingungen; sondern der Punkt, wo die Schwingungen am weitesten sind, oder der Mittelpunkt der Schwingung, ist in jedem schwingen-

den Theile in einiger Entfernung vom Rande, wie in Figur 141., 144. und 145. diese Stellen durch Punkte bezeichnet sind. Wenn unter dem Sande dessen man sich zum Bestreuen bedient, ganz feine Staubtheilchen befindlich sind, und die Scheibe ganz genau horizontal gehalten wird, so werden diese Punkte sichtbar, indem sich der feinste Staub hier anhäuft.

Chladni a. a. O. 30 ff.

§. 475. Bey dem Klingen der Glocken schwingen ebenfalls ganze Stellen, während Linien zwischen denselben in Ruhe sind. Man kann dieß leicht an einem zum Theil mit Wasser gefüllten, dünnen Trinkglase, porzellanenen Spühlnapfe, einer Tasse u. dergl. zeigen. Man halte das Glas etwas über den Boden mit dem Daumen und einem andern Finger, und streiche den Rand des Glases 45 Grad von der gehaltenen Stelle mit dem Violinbogen; so geräth das Wasser im Glase in eine Bewegung von vier schwingenden Theilen des Glases, und diese Bewegung zeigt sich sehr auffallend so, daß das Wasser als feiner Staub umherspritzt. Wenn man das Glas hingegen bey 60 Grad von der berührten Stelle streicht, so werden sich bey verändertem und höherm Tone sechs schwingende Stellen der Wand zeigen und das Wasser bewegen.

§. 476. Die Geschwindigkeit, mit der sich die schwingenden Bewegungen in den angränzenden Theilen der zuerst und ursprünglich in Bewegung gesetzten Stelle durch die Masse eines contractilen Körpers fortpflanzen, ist bewundernswürdig groß; und überhaupt ist diese Geschwindigkeit der Fortpflanzung der zum Schalle erforderlichen Bewegung durch sich genau berührende oder zusammenhängende contractile Körper noch nicht ermessen. Die Fortpflanzung scheint zwar durch eine sehr lange Reihe solcher Körper für uns momentan zu seyn; daraus folgt aber noch nicht, daß die Geschwindigkeit dabey so groß sey, als die des Lichts.

„Die Geschwindigkeiten, mit welchen sich die verschiedenen Arten des Schalles, die pendelartigen und die verschiedenen Erzitterungen

fortpflanzen scheinen nicht vollkommen dieselben zu seyn. Zum Theil scheint auch hieraus die Abweichung erklärbar, welche Biot's und Benzenberg's Beobachtungen von Newton's Berechnungen der Schallgeschwindigkeiten darbieten, und welche Laplace aus den, durch die in den einzelnen Schallwellen während des Schalls eintret. den Verdichtungen und Verdünnungen bewirkten Temperatur-Veränderungen zu erklären sucht. Berechnet man nämlich nach Newton die besagte Geschwindigkeit nach der Theorie der Pendelschwingungen, indem man die Höhe einer gleich dichten Luftsäule von der Schwere der Atmosphäre, also 24558 Fuß zur Länge eines Pendels annimmt, so müßte sich der Schall durch den Umkreis jenes Kreises, von dem eben bemerkte Länge der Halbmesser ist, in derselben Zeit fortpflanzen, in welcher das Pendel einmal hin und her schwingt. Für 28 par. Zoll Barometerhöhe und bei 0° R. giebt dies 861 paris. Fuß Schallgeschwindigkeit innerhalb einer Sekunde durch die atmosphärische Luft. Nach Biot und Benzenberg ist aber diese Schallgeschwindigkeit = 1037 paris. Fuß für die Sekunde: Gilbert's Ann. XVIII. u. XXXVII. S. 221. Kr."

Hieraus erklärt sich auch die Resonanz.

Aus dieser, zwar an sich successiven, uns aber momentan erscheinenden Fortpflanzung läßt sich erklären, warum die massiven Wände eines hohen Gebäudes bis zum höchsten Stocke erschüttert zu werden scheinen, wenn ein Wagen auf dem Pflaster der Straße vor dem Gebäude hinrasselt. Hier scheint in der That die Wirkung größer, als die Ursach; sie würde es wirklich seyn, wenn die Erschütterung durch die ganze Masse momentan, und nicht successiv erfolgte.

Chr. Ernst Wünsch Nachricht von einem Versuche, welcher lehret, dass der Schall durch feste elastische Körper unendlich geschwind, oder doch eben so geschwind als das Licht sich bewegt; in der *Sammlung der deutschen Abhandl., welche in der k. Akad. d. W. zu Berlin vorgelesen worden.* Berlin 1793. 4. S. 187 ff.

„Nach Biot (Mem. de la société d'Arcueil. T. I.) pflanzt sich der Schall durch eiserne Röhren $10\frac{1}{2}$ mal schneller fort, als durch die Luft. Kr."

§. 477. Zur Erklärung der Fortpflanzung des Schalles von einem schallenden Körper durch die Luft, als gewöhnlichstes Fortpflanzungsmittel, muß man auch annehmen, daß durch die Schwingungen des erstern die umgebenden Lufttheilchen, und durch diese die benachbarten Lufttheilchen, abwechselnd zusammengedrückt werden und sich wieder ausdehnen. Diesemnach ist die zur Fortpflanzung des Schalles dienende Bewegung der Luft eine wellenförmige, und keinesweges eine fortschreitende. Der Schall pflanzt sich von dem klingenden oder schallenden Körper, wie von dem Mittelpunkte einer Kugel nach der Fläche der-

selben, in der Luft fort, und zwar nach der Stärke und Beschaffenheit desselbigen zu einer größern oder geringern Weite, die bey der gehörigen Stärke des Schalles, nach der Lage des Ortes, sehr beträchtlich seyn kann; die weiteste Entfernung desselben kann man aber wegen der Menge der nicht zu bestimmenden Umstände nicht angeben. Man kann sich die Fortpflanzung des Schalles in der Luft als Schallstrahlen (Radii sonori) vorstellen, wenn man nur nicht glaubt, daß dabey wirkliche Ausflüsse einer schall-machenden Materie Statt fänden.

§. 478. Der Schall pflanzt sich in der Luft eben so leicht nach oben, als nach unten und nach der Seite zu fort, vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit der Luft, nach den verschiedenen Richtungen zu, sich nicht merklich ändert. In verdünnter Luft nimmt nicht nur die Stärke des Schalles ab, sondern auch die Geschwindigkeit.

§. 479. Aus der angeführten Ausbreitung des Schalles in der Luft folgt, daß die Stärke desselben abnehmen müsse, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

§. 480. Die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft geschieht bey weitem nicht mit der Geschwindigkeit, als durch contractile feste Körper (§. 476.); und es verfließt eine merkliche Zeit, ehe der Schall durch eine lange Strecke von Luft sich fortgepflanzt hat. Da die Geschwindigkeit der Bewegung des Lichtes so außerordentlich groß ist, daß die Zeit, die es zum Durchlaufen eines Raumes auf der Erde braucht, für nichts zu rechnen ist, so hat man sich des mit einem Schalle ausbrechenden Feuers, wie des Abfeuerns der Gewehre und des Geschützes zur Nachtzeit, bedient, um daraus die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der Luft in bestimmter Entfernung zu messen. Die Resultate der Erfahrungen hierüber weichen freylich sehr von einander ab, wie sich auch wegen der veränderlichen Beschaffenheit der Luft kaum anders erwarten läßt. Die von

Cassini, Maraldi und de la Caille angestellten scheinen doch die genauesten und sichersten zu seyn, und zu Folge derselben durchläuft der Schall in Einer Secunde einen Raum von 173 Toisen oder 1038 paris. Fuß.

„Siehe oben m. Anmerk. zu §. 476. Kr."

Mémoires de l'acad. roy. des sc. de Paris, 1738. und 1739. Gehler's phys. Wörterb. Th. III. S. 809.

Diese Geschwindigkeit des Schalles kann auch dazu dienen, die Entfernung eines Ortes, eines Gewitters, eines Schiffes u. dergl., wenigstens einigermaaßen, aus der Zeit, die zwischen dem Wahrnehmen des Schalles und des gleichzeitig ausbrechenden Lichtes verfließt, zu beurtheilen.

„Nach Laplace pflanzt sich der Schall durch ungesalzenes Wasser $4\frac{1}{2}$ Mal schneller fort, als durch die Luft. Kr."

§. 481. Die Bewegung des Schalles ist anscheinend gleichförmig, oder er durchläuft in gleichen Zeiten gleiche Räume. Die Stärke des Schalles mag beschaffen seyn, wie sie will, so ist die Geschwindigkeit desselben einerley; und alle Gattungen des Schalles haben einerley Geschwindigkeit.

„Die Stimmen der Kinder und Weiber sind heller, als die der reifen Männer, weil die Bänder ihrer Stimmritze verhältnißmäßig viel kürzer sind. Sie vergrößern sich im Manne mit dem 15ten oder 16ten Jahre und erlangen binnen kurzem fast das Doppelte ihrer Länge, daher die Stimme um so tiefer wird. Kr."

Experimenta et obſervationes de ſoni motu aliisque ad id attinentibus, factae a *D. W. Derhamo*, in den *Philoſ. transact.* No. 315. S. 3 ff.

„Nach Perolle (Gilbert's Ann. III. S. 168—178) wächst die Stärke des Schalls mit zunehmender Dichte, und nimmt zugleich die Elasticität der Mitschaller zu, so wächst auch die Schallgeschwindigkeit derselben. — Den Schlag einer in der Luft aufgehängten Taschenuhr hörte P. auf 8, der im Weingeist schwebenden auf 12, im Terpentinöl auf 14, im Olivenöl auf 16, im ausgekochten Wasser auf 20 par. Fuß Ferne. — Zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit der Gase, untersuchte Chladni, um wie viel der Ton einer Pfeife, die mit einem und demselben Gase gefüllt und umgeben ist, und davon angeblasen wird, bey einerley Schwingungsart höher oder tiefer ist, als der Ton, welchen die atmosphärische Luft unter gleichen Umständen giebt. Aus seinen Versuchen (vergl. Chladni a. a. O. S. 226) ergab sich, daß bey einerley Druck und bey ungefähr 10—11° R. Wärme, der Schall in einer Secunde durch folgende Weiten gehen würde:

In reiner atmosphärischer Luft, wie auch in einem ähnlichen künstlichen Gemisch aus Sauerstoffgas und Stickgas ohngefähr durch 1058 Paris. Fuß.

In Sauerstoffgas	950—960	— —
Stickgas	990	— —
Wasserstoffgas	2100—2500	— —
kohlensaures Gas	840	— —
Salpetergas	980	— —

Auch gehören hieher Mannoir's und Paul's Vers. über die Erhöhung der Stimme durch Athmen des Wasserstoffgases; Gilbert's Ann. II. S. 205. (v. Arnim's Vorschlag, die Güte des Wasserstoffgases durch die Höhe des angegebenen Tones, mittelst eines dazu eingerichteten Apparats, den Hydrogenometer zu prüfen; a. a. O. III. S. 200.) Kr."

§. 482. Alles, was die Ausdehnsamkeit der Luft ändert, bringt auch Veränderungen in der Geschwindigkeit des Schalles zuwege, als: Wärme und Kälte, Verdichtung und Verdünnung der Luft. Wenn der Wind nach einer Richtung bläset, die auf der Richtung des Schalles senkrecht ist, so ändert er nichts in der Geschwindigkeit des Schalles. Sonst aber vermehrt oder vermindert er dieselbe, je nachdem er mit dem Schalle in einerley oder in entgegengesetzter Richtung geht, und zwar um seine eigene Geschwindigkeit.

§. 483. Der Schall wird von harten Körpern nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper zurückgeworfen. Darauf beruhet die Einrichtung der Sprachgewölbe. Wenn durch diese Reflexion die Zerstreuung des Schalles in die Runde verhindert und die Divergenz der Schallstrahlen dadurch in eine parallele Richtung verändert wird, so muß auch der Schall seine Stärke behalten, die er sonst verlieren würde. Darauf gründet sich das Sprachrohr. Man ist häufig bemüht gewesen, ihm die schicklichste Figur zu geben; Hr. Lambert aber hat bewiesen, daß die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch eben so gut sey, als jede andere. Sehr klingende Materie, oder solche, die eine starke Resonanz bewirken, können zwar bey der Anwendung zu Sprachröhren die Stärke des Schalles vermehren; aber sie vermindern auch wieder auf der andern Seite die Deutlichkeit articulirter Töne.

Athanasii Kircheri neue Hall- und Tonkunst, a. d. Lat., Nördlingen 1684. Fol.

Sur quelques instrumens acoustiques, par Mr. *Lambert*; in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. de Prusse.* 1765 S. 87.

J. H. Lamberts Abhandlung über einige acustische Instrumente. A. d. Franz., nebst Zusätzen über das sogenannte Horn Alexanders des Großen, über Erfahrungen mit einem elliptischen Sprachrohre und über die Anwendung der Sprachröhre zur Telegraphie, von Gottfr. Huth. Berlin 1796. 8.

§. 484. Wenn der Schallstrahl bey seinem Fortgange in der Luft senkrecht auf einen harten Körper stößt, so wird er auf diesen Körper mit seiner ganzen Gewalt wirken, und nach den Gesetzen der Reflexion von demselben wieder in der Richtung und mit eben der Geschwindigkeit zurückgeworfen werden. Ein Ohr also, das ganz nahe bey dem Orte des entstehenden Schalles ist, hört nicht allein diesen Urschall, sondern auch den Wiederschall oder das Echo. Wenn aber dieser reflectirte Schall zu geschwind auf den ersten erfolgt, so wird er undeutlich, und kann von jenem nicht unterschieden werden. Die Erfahrung lehrt, daß zwey Schalle noch deutlich sind und unterschieden werden können, wenn sie in dem neunten Theil einer Secunde auf einander folgen. Wenn daher ein Echo eines Schalles deutlich gehört werden soll, so muß die den Schall reflectirende Ebene so weit vom Urschalle entfernt seyn, daß wenigstens der neunte Theil einer Secunde vergeht, ehe der Schall hin- und zurückgeht, oder, welches einerley ist, daß $\frac{1}{18}$ einer Secunde vergeht, ehe der Schall an die reflectirende Ebene anstößt. Wenn wir annehmen, daß der Schall in einer Secunde 1027 parisische Fuß durchläuft (§. 476.), so muß die Ebene wenigstens $\frac{1027}{18}$ oder $57\frac{1}{18}$ Fuß vom Urschalle entfernt seyn, wenn das Echo deutlich gehört werden soll. In dieser Entfernung kann es aber nur einen einzelnen Schall oder eine einzelne Sylbe deutlich wiederholen, und heißt daher ein einsylbiges Echo. Es kommt bey dem Aussprechen eines mehrsylbigen Wortes schon der Schall der ersten Sylbe zurück, ehe das ganze Wort ausgesprochen

ist, und man hört daher nur die letzte Sylbe allein deutlich nachhallen.

„Biot's Versuchen zufolge (Traité de Physique expérimentale et mathématique II.) giebt ein schwingender Körper, wenn er in einer Secunde 32 Schwingungen macht, einen vernehmbaren Ton, und dieser Ton stimmt mit jenem überein, der durch die Resonanz einer offenen, 32 Fuß langen Röhre hervorgebracht wird. K."

§. 485. Wenn die den Schall reflectirende Ebene 513½ parisische Fuß vom Urschalle entfernt ist, so vergeht eine Secunde Zeit, ehe das Echo wieder an den Ort des Urschalles zurückkommt; und in dieser Entfernung kann es schon vielsylbige Worte wiederholen. Das Echo heißt alsdann ein vielsylbiges. Wenn mehrere zurückwerfende Körper in Entfernung neben einander liegen, so daß der Schall von einem zum andern, und von jedem wieder an den Ort des Urschalles reflectirt wird, so entsteht ein vielfaches Echo, das eine Sylbe mehreremal wiederholt, weil der Schall von der fernern reflectirenden Ebene später ins Ohr zurückkommt, als von der nähern, wenn anders der ursprüngliche Schall stark genug war.

Nachrichten von verschiedenen merkwürdigen Arten des Echo's sehe man in Kircher's oben (§. 483.) angef. Schrift, und in Gehler's phys. Wörterb. Th. I. Art. Echo.

„Da sich der Schall vom Urschaller aus nach allen Richtungen mehr oder weniger wellenförmig verbreitet (und mithin bey freyer Verbreitung mindestens im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernung an Stärke abnimmt), so wird er auch von der nicht mitklingenden Widerstand leistenden Ebene in ähnlichen Kugelflächen reflectirt, und der Reflectionswinkel zeigt nur die veränderte Richtung nach dem Mittelpunkte der Kugelflächen. Indeß zeigen hiebey die verschiedenen Arten der Schallbewegung eine mehr oder weniger merkliche Verschiedenheit, welches zum Theil durch Versuche mit zwey sich gegenüberstehenden Hohlspiegeln nachgewiesen werden kann; vergl. m. Experimentalphysik Cap. IX. Kr."

Zweyter Theil.

Besondere Naturlehre.

§. 486.

Wir untersuchen in der besondern Naturlehre (§. 28.) die Natur der einzelnen einfachern Stoffe (§. 118.), die einen Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmungen ausmachen, indem wir die Wirkungen, welche sie auf einander ausüben, und die Zusammensetzungen, welche sie bilden, erforschen.

Erstes Hauptstück.

Wärmestoff.

§. 487. Die objective Ursach der Empfindung, die jedermann unter dem Namen der Wärme oder Hitze (Calor) kennt, nennen wir Wärmestoff (Caloricum, *Calorique.*)

§. 488. Nur dem Gemeingefühle, und keinem andern Sinne, können wir diese Substanz darstellen. Aber es berechtigt dieß eben so gut zu dem Schlusse auf die objective Realität eines Wärmestoffs, als die Darstellbarkeit für andre Sinne bey andern Substanzen.

„So wenig ich auch geneigt bin, das Daseyn eines Wärmestoffs zu bestreiten, so kann ich doch den Schluß, welchen hier der Verfasser macht, nicht für bindend halten. Die Wärme erscheint dem Gefühle nicht als ein Object, sondern als ein bloßer Zustand des Subjects. Mit eben dem Grunde könnte man die objective Realität eines Riechstoffs, eines Schmeckstoffs, eines Hörstoffs ꝛc. beweisen. F."

„Die Gründe welche mich bestimmen, die Wärme als Zustand der Ausdehnungsbewegung und dadurch die freye Wärme als Gegensatz des Magnetismus (d. i. der freyen Cohärenzkraft) und die gebundene Wärme als Gegensatz der Cohärenz (d. i. des gebundenen Magnetismus) anzuerkennen, findet man in meinem Grundriß der Experimentalphysik Cap. X. und XI., in meiner Einleitung in die neuere Chemie und in der Einleitung zu meiner Vergleichenden Uebersicht des Systems der Chemie. Halle 1819. 4. auseinandergesetzt. Kr."

§. 489. Wenn wir auf die Körper Acht geben, die wir in den Zustand bringen, daß sie in uns die Empfindung der Erwärmung oder Erhitzung zuwegebringen, so finden wir, daß sie in einen größern Raum ausgedehnt werden; und diese Zunahme des Inbegriffs der Körper, sowohl der flüssigen als der festen, in der Wärme oder Hitze (Rarefactio), ist eine ganz allgemeine Wirkung der Wärme.

Bestätigung durch Versuche: Eine mit Luft zum Theil gefüllte schlaffe Blase schwillt über einem Kohlenfeuer auf; hohle Glaskugeln, die in kaltem Brantwein schwimmen, sinken in erwärmtem; Weingeist, Quecksilber, steigt in gläsernen Röhren höher, wenn diese erwärmt werden; Wachskugeln sinken in heißem Wasser unter, da sie in kaltem Wasser schwimmen; eine eiserne Stange geht nach dem Glühendwerden nicht mehr durch einen Ring, durch den sie im kalten Zustande geht; ein Eisendrath verlängert sich beym Glühendwerden.

§. 490. Man bedient sich daher dieser Veränderung des Volums gewisser Substanzen selbst als Maaßstab zur Bestimmung der Ab- und Zunahme der Quantität oder Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursach.

Thermometer.

§. 491. Ein Werkzeug, welches uns Aenderungen der Wärme bemerklich macht, und uns versichert, daß ein gewisser Grad der Wärme, dem das Werkzeug jetzt ausgesetzt ist, derselbige sey, oder nicht sey, dem es ein andermal

ausgesetzt war, heißt ein Thermometer, Thermoskop oder Wärmemesser.

§. 492. Den Maaßstab zur Bestimmung der Aenderung der Wärme giebt bey den Thermometern die Aenderung des Volums der Substanzen, nehmlich die Vermehrung oder Verminderung desselben bey der Zunahme oder Abnahme der freyen Wärmetheilchen. Man wählt dazu solche Stoffe, die von den Veränderungen des Wärmezustandes leicht afficirt, und bemerkbar genug durch geringe Zunahme der Wärme ausgedehnt werden. Dergleichen sind tropfbare und ausdehnsame Körper. Um die Aenderungen des Volums desto besser bemerkbar zu machen, schließt man dergleichen Flüssigkeiten in enge gläserne Röhren mit Kugeln ein, damit man durch den Stand in der Röhre die Aenderungen des Volums, die auf die Aenderungen der Wärme schließen lassen, wahrnehmen könne.

§. 493. Die gewöhnlichsten Flüssigkeiten, deren man sich zum Füllen der Thermometer bedient, oder eigentlicher, durch deren Ausdehnung und Zusammenziehung man auf die verhältnißmäßige Zunahme und Abnahme des Wärmestoffes schließt, sind Luft, Weingeist und Quecksilber. Die Thermometer erhalten darnach den Namen der Luftthermometer, Weingeistthermometer, Quecksilberthermometer. Die Luftthermometer sind die empfindlichsten, und die Luft wird durch gleiche Quantitäten des Wärmestoffes stärker expandirt, als ein gleiches Volum einer tropfbaren Flüssigkeit. Das Quecksilber hat entschiedene Vorzüge vor andern tropfbaren Flüssigkeiten, dadurch: daß es leicht von einer gleichförmigen Reinigkeit erhalten werden kann: daß es gegen Aenderungen der Wärme sehr empfindlich ist; daß es starke Grade der Hitze verträgt, ehe es kocht, und eine beträchtlich große Verminderung der Wärme dazu gehört, ehe es gefriert. Diese Eigenschaften hat der Weingeist nicht alle: denn, wenn er gleich noch später gefriert, als Quecksilber, und sich noch stärker ausdehnt,

so kocht er doch weit früher, als Wasser, und verwandelt sich leicht in Dunst. Sobald sich aber tropfbare Flüssigkeiten durch Hitze in Dämpfe, oder durch Gefrieren in feste Substanzen verwandeln, so erhalten sie ganz andere Grade der Ausdehnung, als vorher, und die vorige Scale fortgesetzt dient dann keineswegs mehr für dieselben.

De Luc oben (S. 15 No. 8.) angef. Werk §. 416. u. ff. §. 422. u. J. Lutz vollständige Anweisung, die Thermometer zu verfertigen. Nürnberg 1781. gr. 8. Desselben vollständige Beschreibung von allen Barometern, nebst einem Anhange, seine Thermometer betreffend, Nürnberg und Leipzig 1784. gr. 8.

§. 494. Alle unsere Thermometer zeigen indessen keineswegs die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes an, sondern nur, ob die Quantität größer oder geringer sey, als zu einer andern Zeit der Beobachtung. Dessen ungeachtet ist das Thermometer, so wie es ist, doch ein überaus wichtiges Werkzeug für den Naturforscher.

§. 495. Cornelius Drebbel von Alkmar in Nordholland wird gewöhnlich für den Erfinder des Thermometers, beym Anfange des vorigen Jahrhunderts, angegeben. Sein Thermometer war ein **Luftthermometer**, und bestand aus einer gläsernen Röhre, die oben mit einer Kugel geschlossen, bis zu einer gewissen Höhe mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt, und mit ihrer untern Oeffnung in ein Verhältniß, das eben diese Flüssigkeit enthielt, gestellt war. Die Luft trieb nun bey ihrer Ausdehnung durch Wärme die Flüssigkeit in der Röhre herunter, oder diese stieg hinauf, wenn sich die Luft durch Kälte zusammenzog. Um das Werkzeug tragbarer zu machen, kann die Röhre Afg (Fig. 125.) unten bey g wieder gekrümmt werden und in die offene Kugel G auslaufen. Gesetzt, die Flüssigkeit steht in der Röhre bis f, und in der Kugel zur Seite bis G: so wird die Luft zwischen f bis A durch die Ausdehnung bey der Erwärmung die Flüssigkeit herabdrücken: bey der Verminderung der Wärme wird die Luft zwischen f und A sich zusammenziehen, und der Druck der Atmosphäre auf die Fläche der Flüssigkeit in G diese hinauftreiben. Oder es kann noch bequemer die

oben bey g offene Glasröhre (Fig. 126.), die unten in die Höhe gekrümmt und hier mit einer Kugel A geschlossen ist, mit der gefärbten Flüssigkeit so gefüllt werden, daß ein Theil der Kugel A noch Luft enthält. Durch die Zunahme der Wärme wird die Luft in der Kugel A sich ausdehnen, und die Flüssigkeit über f in die Höhe treiben; durch die Verminderung der Wärme wird die Luft in A sich zusammenziehen, und die Flüssigkeit wird von f herabgedrückt werden. Dieses drebbelische Luftthermometer hat aber den beträchtlichen Fehler, daß die äußere Luft zugleich darauf wirkt, und daß nach Verschiedenheit des Druckes derselbigen die Flüssigkeit in der Röhre verschiedentlich hoch stehen kann, bey einerley Grad der Wärme. Wegen der großen Empfindlichkeit ist diese Einrichtung indessen doch immer sehr vortheilhaft zu nutzen, um momentane und schnell vorübergehende Aenderungen der Wärme dadurch zu erforschen.

§. 496. Wenn man an dem Luftthermometer die Wirkungen des Druckes der äußern Luft von denen des Wärmestoffes gehörig zu unterscheiden, oder auch jene ganz auszuschließen im Stande ist, so kann es die Erfordernisse eines Thermometers (§. 491.) erfüllen und zu einem sehr vollkommnen Werkzeuge werden. Die erstere Einrichtung hat Amontons, die zweyte Bernoulli's Luftthermometer, bey welchen der Fehler des drebbelischen Thermometers völlig gehoben ist.

§. 497. Das amontonsche Luftthermometer (§. 496.) besteht aus einer langen, engen, gleich weiten, gläsernen Röhre (Fig. 132.), die bey a offen, und unten gekrümmt ist, und sich hier in eine Kugel b endigt, die einen sehr großen Durchmesser gegen die Röhre haben muß, damit durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Röhre das Niveau des Quecksilbers in der Kugel sich nicht merklich ändere. In der Kugel ist Luft über dem Quecksilber eingeschlossen; und dieses steht auch noch in der Röhre über dem Niveau des Quecksilbers in der Kugel, und zwar

auch beym niedrigsten Grade der Wärme die man durch das Werkzeug mißt. Es ist aus der Lehre von dem Drucke und der Ausdehnsamkeit der expansibelen Flüssigkeiten (§. 405.) bekannt, daß die Luft in der Kugel b nicht nur den Druck der Quecksilbersäule gf, sondern auch den Druck der Atmosphäre, den der jedesmalige Barometerstand anzeigt, zu tragen habe. Wenn man also zu der Höhe der Quecksilbersäule über dem Niveau bf die jedesmalige Barometerhöhe addirt, so hat man die Höhe einer Quecksilbersäule, wie sie bey der jedesmaligen Wärme der Luft in der Kugel von derselben getragen werden kann.

Amontons, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1702. S. 160 ff. Lambert's Pyrometrie Th. II. Hauptst. 5.

§. 498. Die Versuche, welche Gay Lüssac in Paris und Dalton in Manchester über die Ausdehnung, sowohl der Luftarten, als der ausdehnsamen Dünste, angestellt haben (man sehe Gilbert's Annalen d. Phys. B. 12.), liefern das höchstmerkwürdige Resultat, daß alle ausdehnsamen Flüssigkeiten durch die Wärme in gleichem Verhältniß ausgedehnt werden, und zwar von der Kälte des Frostpunktes bis zur Wärme des Siedpunktes, sehr genau um $\frac{3}{8}$ desjenigen Volumens, das die ausdehnsame Flüssigkeit bey dem Frostpunkte einnimmt.

„Man kann noch weiter gehen, und positiv behaupten, daß wir die Ausdehnungen einer permanenten Luftmasse berechtigt sind, als das einzige in unserer Gewalt stehende wahre Maaß der Wärme anzusehen. Um dieß deutlich zu machen, ist es nöthig, eine allgemeine Betrachtung über das Maaß aller Materie überhaupt vorauszuschicken. Streng genommen, ist die Quantität der Materie in keinem Falle ein Gegenstand unserer unmittelbaren Wahrnehmung. Selbst bey der unmittelbar wahrnehmbaren Materie, die ohne Ausnahme ponderabel ist, beurtheilen wir die Quantität nach dem Gewicht, und nach dem größern oder geringern Widerstande, den sie bewegenden Kräften entgegensetzt. Dieser letzte Widerstand findet sich unter übrigens gleichen Umständen, allezeit dem Gewichte proportional; und eben diese Wahrnehmung ist es, welche uns berechtigt, das Gewicht als Maaß der Materie zu betrachten. Wir können nehmlich überall nur wahrnehmbare Wirkungen von Kräften messen, und müssen die Größe der Wirkung ansehen als Repräsentanten von der Größe der Kraft. Nun fragt sich: was für ein Maaß können wir aufstellen von einer Materie, die eigentlich gar nicht unmittelbar wahrnehmbar, und dabey entweder absolut imponderabel, oder wenigstens

für unser Wahrnehmungsvermögen völlig imponderabel ist? Offenbar kein anderes, als irgend eine wahrnehmbare und meßbare Wirkung derselben. Aber wir müssen dazu, wo möglich, eine Wirkung wählen, welche ganz allein von der zu messenden Kraft herrührt, und keine complicirte Wirkung mehrerer Kräfte ist. In der That ist die Ausdehnung der Körper die einzige meßbare Wirkung dieser großen Naturkraft: aber bey festen und tropfbaren Körpern ist sie keine reine Wirkung der Wärme. Die ungleiche Ausdehnung aller festen und tropfbaren Körper, und die Unregelmäßigkeiten, welche sich bey den Uebergängen aus einem Aggregatzustande in den andern zeigen, beweisen, daß die Cohäsionskraft der Theile, und die specifischen Eigenschaften, welche jeder Materie eigen sind, auf diese Ausdehnungen einen sehr beträchtlichen Einfluß haben. Da hingegen bey allen Luftarten die Ausdehnung in gleichem Verhältniß geschieht, so ist klar, daß der materielle Unterschied der Luftarten bloß auf die absolute Größe ihrer Ausdehnung Einfluß habe, die verhältnißmäßige Zu- und Abnahme der Ausdehnung bey gleichbleibendem Druck eine ganz reine Wirkung der Wärme, und eben deßwegen das einzige genaue Maaß derselben sey. F."

§. 499. Das bernoullische Luftthermometer (§. 496.) erhält man, wenn man die Kugel eines Kapselbarometers (§. 396.) zuschmelzt. Es ist das Quecksilber in der Kugel nicht mehr dem Wechsel des Druckes der äußern Luft ausgesetzt. Sonst hat dieses Werkzeug die Unbequemlichkeit, daß die Röhre davon sehr lang, und weit länger, als bey einem gewöhnlichen Barometer seyn muß, weil sonst das Aufsteigen des Quecksilbers bey verstärkten Graden der Wärme die ganze Röhre ausfüllen würde. Uebrigens muß die Röhre gegen die Kugel enge genug seyn, damit durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der erstern sich das Niveau in der letztern nicht merklich ändere.

§. 500. Die Florentiner-Academie bediente sich zuerst einer tropfbaren Flüssigkeit zur thermoskopischen Substanz. Ihr Thermometer besteht in einer oben verschlossenen gläsernen Röhre mit einer unten befindlichen Kugel, worin gefärbter Weingeist eingeschlossen ist. Man bemerkte an der Röhre einen Punkt, wobey die Flüssigkeit in einer gemäßigten Temperatur steht, z. B. in einem tiefen Keller, und brachte nun an der Röhre über und unter diesem Punkte eine willkührliche Eintheilung in Grade an, so daß man jenen Punkt mit 0 bezeichnete und die Grade des Thermome-

ters auf- und abwärts zählte. Da aber bey diesem florentinischen Thermometer jener Punkt nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, und die Grade über und unter demselben nur willkührlich aufgetragen werden können, so sieht man leicht die Unbrauchbarkeit desselben, um bestimmte Grade der Wärme und Kälte darnach zu messen, und die Untauglichkeit der Methode, um darnach vergleichbare Thermometer zu machen.

Tentamina experimentorum naturalium captorum in acad. del Cimento, edit. a *Muschenbroek*. S. 2 ff.

§. 501. Fahrenheit machte sich daher um die Verbesserung der Thermometer dadurch sehr verdient, daß er zwey ziemlich feste Punkte daran bestimmte, und den Abstand derselben von einander in eine bestimmte Anzahl Theile oder Grade eintheilte; so wie auch dadurch, daß er sich, nach Halley's Rathe, nachher des Quecksilbers zum Füllen der Thermometerröhren bediente. Die Entfernung zweyer solcher festen Punkte an dem Thermometer nennt man den Fundamentalabstand. Fahrenheit nahm zum untern Punkte die Temperatur, welche ein Gemisch aus gleichen Theilen Schnee und Salmiak hat, oder den künstlichen Frostpunkt (Punctum congelationis artificialis), und zum obern Punkte die Hitze des siedenden Wassers, den Siedepunkt (Punctum ebullitionis). Er setzte bey jenem 0, und theilte diesen Fundamentalabstand in 212 gleiche Theile, so daß also diese Zahl für den Grad des kochenden Wassers war. Auch unter 0 trug er eben so große Grade, als oberhalb waren. Für die Hitze des kochenden Quecksilbers kommen 600 seiner Grade.

Herm. Boerhaave elementa chemiae, Lips. 1732. 8. T. I, S. 146 ff.

§. 502. Reaumur nahm dagegen zum untern Punkte an der Scale des Thermometers den bequemern natürlichen Frostpunkt (Punctum regelationis), oder die Temperatur des schmelzenden Schnees und Eises an, füllte das Thermometer mit Weingeist, der, um die Hitze des kochen-

den Wassers auszuhalten, mit Wasser verdünnt war, und theilte den Fundamentalabstand von jenem Punkte bis zum Siedepunkte in achtzig gleiche Theile, (weil er gefunden hatte, daß sein Weingeist sich um 0,080 seines Volums, das er beym natürlichen Frostpunkte hatte, ausdehnte), und setzte also 0 bey diesem Frostpunkte, 80 beym Siedepunkte. Unter 0 wurden ebenfalls so große Grade an der Scale aufgetragen, als nach oben zu. Der natürliche Frostpunkt, oder das Reaumürische 0, ist bey Fahrenheit 32 Grad.

Studer's Bemerk. über meteorologische Instrumente; Gilbert's Ann. LIX. S. 501. Kr."

Règle pour construire des thermomètres, dont les degrés soient comparables, par M. *Réaumur*; in den *Mémoires de l'acad. royale des sc.* 1730. S. 452 ff. Second mémoire; ebendas. 1731. S. 250.

Man hat in der Folge Reaumurs Scale auch für die Quecksilberthermometer angewendet. Sie trifft aber nicht mit der Graduirung des wahren Reaumurischen Thermometers überein, und dieses zeigt dabey mit einem Quecksilberthermometer, das die Reaumurische Scale hat, in einerley Wärme nicht einerley Grade; und wenn man sich der Reaumurischen Scale bedient, so müßte man auch immer bestimmen, ob man bey derselben ein Quecksilber- oder ein Weingeistthermometer gebraucht habe.

De Luc a. a. O. §. 440. u. f.

§. 503. Man hat nachher noch mehrere Eintheilungen des Fundamentalabstandes oder Scalen eingeführt. De Lisle setzte beym Siedepunkte des Wassers 0, und beym natürlichen Gefrierpunkte 150, weil das Volumen des Quecksilbers in der Temperatur des letztern um 0,0150 geringer sey, als in der des erstern. Celsius hingegen theilte den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpunkte bis zum Siedepunkte in hundert gleiche Theile, und setzte bey jenem 0, bey diesem 100. Diese Scale heißt auch die schwedische, und mit dieser stimmt vollkommen überein, die neue, jetzt fast allgemein angenommene französische hunderttheilige oder Centesimalscale. (Thermomètre centigrade.)

„In England bedient man sich gewöhnlich des Fahrenheitschen Thermometers. Das achtzigtheilige Thermometer, wird gewöhnlich das Reaumursche genannt, sollte aber das Delucsche heißen, weil Deluc dieses Thermometer sehr sorgfältig mit den ächt Reaumurischen verglichen, und sich überhaupt um die genaue Verfertigung desselben sehr verdient gemacht hat. F."

§. 504. Die Hauptsache bey der Graduirung der Scale der Thermometer ist die Bestimmung zweyer, hinlänglich unterschiedener, unveränderlicher Punkte, oder des Fundamentalabstandes, die, wenn sie immer wiedergefunden werden können, und ihr Abstand hiernach in gleich große Theile eingetheilt wird, uns in den Stand setzen, harmonirende Thermometer zu machen. Man ist jetzt allgemein übereingekommen, die Temperatur des schmelzenden Schnees, oder den natürlichen Gefrierpunkt, und die Temperatur des siedenden Wassers, für die beyden festen Punkte der Thermometerscale anzunehmen, deren Abstand man in 180 Theile, wenn man Fahrenheits Scale, oder in 80 Theile, wenn man Reaumurs Scale, oder in 100 Theile theilt, wenn man Celsius Scale haben will. Um Delisle's Scale zu erhalten, theilt man diesen Fundamentalabstand in 150 Theile, und zählt von oben herab. Dieß alles gilt nur vom Mercurthermometer.

Die Fahrenheitsche, Reaumurische und Celsiussische Scale lassen sich leicht unter einander vergleichen, wenn man weiß, daß 180 F., 80 R. und 100 C. Grade einander gleich sind; nur muß es bey der Reaumurischen Scale dann ein Quecksilberthermometer seyn. Es sind demnach 18° F. = 8° R. = 10° C.; 9° F. = 4° R. = 5° C.; und also:

1 Gr. R. = $2\frac{1}{4}$ F. = $1\frac{1}{4}$ C.
1 Gr. F. = $\frac{4}{9}$ R. = $\frac{5}{9}$ C.
1 Gr. C. = $1\frac{4}{5}$ F. = $\frac{4}{5}$ R.

Wenn man aber Reaumurische und Celsiussische Grade auf Fahrenheitische, oder umgekehrt diese auf jene, reduciren will, so muß man nicht vergessen, daß Fahrenheit noch 32 seiner Grade unter dem Reaumurischen oder Celsiussischen 0 zählt. Um Delislische Grade in Fahrenheitische zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl von 150 ab, weil Delisle von oben herunter zählt, multiplicirt den Rest mit 6, und dividirt das Product durch 5 (weil 180° F. mit 150 des Delisle, oder 6 mit 5 übereinkommen); zu dem Quotienten addirt man noch 32, weil Fahrenheit diese noch unter dem natürlichen Frostpunkte hat. Um Delislische Grade in Reaumurische zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl Grade von 150 ab, multiplicirt den Rest mit 8, und dividirt das Product durch 15, weil 80° R. mit 150° Delisl. oder 8 mit 15 übereinkommen; und um die Delislischen Grade auf Celsiussische zu bringen, verfährt man eben so, multiplicirt den Rest mit 2, und dividirt das Product durch 3, weil 100° C. mit 150° Delisl. oder 2 mit 3 übereinkommen.

Umgekehrt, um Fahrenheitische, Reaumurische oder Celsiussische Grade in Delislische zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl der ersten von 212, der andern von 80, der dritten von 150 ab; multipli-

cirt den Rest der ersten mit 5, der andern mit 15, der dritten mit 5; und dividirt das Product der erstern mit 6, der andern mit 8, der dritten mit 2: so giebt der Quotient die Delislischen Grade an.

„Grade unter 0° oder unter 32° F. bezeichnet man durch Vorsetzung des Minus Zeichen, z. B. — 2°, Grade über 0°. R. hingegen durch das Plus Zeichen, z. B. + 2° R., wenn zugleich — Grade mit angegeben werden; außerdem läßt man bey den + Graden das mathematische Zeichen ganz weg. Kr."

Allgemeine Formeln zur Vergleichung der Thermometergrade verschiedener Scalen hat Herr Hindenburg gegeben. (*Carol. Frider. Hindenburg* Pr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae. Lipſ. 1791. 4.)

Bequem sind die Vergleichungsthermometer (Thermomètres de comparaison), wo man die angeführten verschiedenen Scalen zugleich aufträgt.

Van Swinden Diss. sur la comparaison des thermomètres. Amsterd 1778. 8.

§. 505. „Neuere Untersuchungen und vorzüglich die von Dalton angestellten, haben gezeigt, daß ein auf gewöhnliche Art eingetheiltes Merkur-Thermometer kein genaues Maaß für die Abnahme oder Zunahme der Wärme ist, weil die Ausdehnung des Merkurs für jeden Grad der Temperatur, mit der Temperatur zunimmt; bringt man nun diese Zunahme nicht in Anschlag, so giebt der von dem Thermometer gegebene Grad, nicht die wirkliche Anzahl Grade der Wärme, die der zu prüfenden Materie zugekommen oder entzogen ist, sondern eine andre Zahl, die sich immer um so mehr von der wahren Temperatur entfernt, je höher die angegebene Temperatur ist. Nach J. Dalton (dessen Neues System des chem. Theils der Naturwissenschaft. A. d. Engl. von F. Wolf I. S. 5—14. 15 bis 28) verhält sich die Ausdehnung des Merkurs wie das Quadrat der Temperatur, vom Frostpunkte angerechnet, (s. oben §. 398. Anm.), woraus folgt, daß die Scale des Thermometers, wenn dieses gleiche Maaße der Temperatur angeben soll, verschieden von der bisherigen, im vorigen § angegebenen Art eingetheilt werden müsse. Kr."

„Bey der bisherigen Eintheilung sind Grade im Anfange der Scale zu groß, am oberen Theile derselben hingegen zu klein. Nachstehende Tabelle zeigt die Grade von Dalton's neuem Thermometer.

mit denen des Fahrenheitischen in Uebereinstimmung gebracht, und vorausgesetzt, daß der Frostpunkt bey 32° F, der Siedepunkt bey 212° F. ist. Die dritte Spalte enthält die Quadrate der natürlichen Zahlenreihe, 1, 2, 3, 4 u. ff., welche die Ausdehnung des Wassers durch gleiche Intervalle der Temperatur vorstellen. Dehnt sich z. B. eine gewisse Menge Wasser, deren Temperatur 42° ist, wenn man dasselbe bis zum Siedepunkt erhitzt, um ein Quantum, welches durch 289 ausgedrückt wird, aus, so wird sich dasselbe bey 52° um 1, bey 62° um 4 Th. u. ff. ausgedehnt haben. Zieht man nach Dalton absolute Ausdehnung der Körper in Erwägung, so dehnt sich das Wasser durch Kälte auf dieselbe Art aus, nachdem es das Maximum seiner Dichte (5½° R. oder 39,83 F — oder nach Dalton nahe bey 36°, indem, wie er behauptet, dies die Temperatur der wirklichen größten Dichte sey, während die scheinbare größte Dichte nicht mit 39°,3 der alten Scale, sondern mit 42° F. zusammenfalle) erreicht hat. Die vierte Spalte enthält eine, eine geometrische Progression bildende Zahlenreihe, durch welche die Ausdehnung der Luft, oder überhaupt jeder ausdehnsamen Flüssigkeit angezeigt wird. Das Volum ist nach Gay-Lussac's und Dalton's Versuchen, bey 32° zu 1000 und bey 212° zu 1376 angenommen.

Dalton's neues Thermometer (oder die wahren gleichen Intervalle d. Temperatur).	Fahrenheit's Thermometerscale mit den nöthigen Correctionen für die Ausdehnung des Glases.	Die Ausdehnung des Wassers wie die Quadrate der Temperaturen.	Die Ausdehnung der Luft in geometrischer Progression. Der Exponent 0,179 Zoll-Maaß.
— 175°	— 40°,08		692 —
— 68	— 21,12		857,6
— 58	— 17,06		852,5
— 48	— 12,96		867,7
— 38	— 8,52		883,5
— 28	— 5,76		899,—
— 18	+ 1,34	16	915,2
— 8	9,78	9	931,5
+ 2	12,63	4	948,2
12	18,74		965,2
22	25,21		982,4
32	32	1	1000
42	39,5	0	1017,9
52	47	1	1036,1
62	55	4	1054,7
72	63,5	9	1073,5
82	72	16	1092,7
92	81	25	1111,5
102	90,4	36	1132,2
112	100,1	49	1152,4
122	110	64	1173,1
132	120,1	81	1194
142	130,4	100	1215,4
152	141,1	121	1237,1
162	152	144	1259,2
172	163,2	169	12[illegible],8
182	175	196	1304,7

Dalton's neues Thermometer (od. die wahren gleichen Intervalle der Temperatur).	Fahrenheits Thermometerscale mit den nöthigen Correctionen für die Ausdehnung des Glases.	Die Ausdehnung des Wassers wie die Quadrate der Temperaturen.	Die Ausdehnung der Luft in geometrischer Progression. Der Exponent 0,179 Zoll-Maaß.
192	186,9	225	1328
202	199,2	256	1351,8
212	212	289	1376
312	559,1		1643,1
412	559,8		1962,1
512	754,7		2342
612	1000		2797
712	1265	—	[illegible]

Dalton's Beobachtungen gemäß gewähren die bis jetzt rücksichtlich ihrer Ausdehnung durch Wärme genau untersuchten festen und flüssigen Materien, folgende Uebersicht ihrer Ausdehnungen durch 180°, d. h. von 32° bis 212° F. Das Volum und die Länge der verschiedenen Substanzen ist bey 32° gleich 1 gesetzt. † bedeutet den Namen des Beobachters Smeaton, * Elliot und ** Borda.

Feste Materien	Ausdehnung Im Volumen	In der Länge
Braunes Fayence	$0{,}0018 = \frac{1}{500}$	$\frac{1}{1400}$
Steingut	$0{,}0025 = \frac{1}{300}$	$\frac{1}{1200}$
Glasstäbe und Röhren	$0{,}0025 = \frac{1}{400}$	$\frac{1}{1200}$ †
Dünne Glaskugeln	$0{,}0037 = \frac{1}{277}$	$\frac{1}{814}$
Platin	$0{,}0026 = \frac{1}{385}$	$\frac{1}{1133}$ **
Stahl	$0{,}0034 = \frac{1}{294}$	$\frac{1}{882}$ †
Eisen	$0{,}0038 = \frac{1}{263}$	$\frac{1}{789}$ †
Gold	$0{,}0042 = \frac{1}{240}$	$\frac{1}{714}$ *
Wismuth	$0{,}0042 = \frac{1}{238}$	$\frac{1}{712}$ †
Kupfer	$0{,}0051 = \frac{1}{200}$	$\frac{1}{588}$ †
Messing	$0{,}0056 = \frac{1}{178}$	$\frac{1}{533}$ †
Silber	$0{,}0060 = \frac{1}{166}$	$\frac{1}{500}$ *
Feines Zinn	$0{,}0068 = \frac{1}{149}$	$\frac{1}{446}$ †
Zinn	$0{,}0074 = \frac{1}{135}$	$\frac{1}{406}$ †
Bley	$0{,}0086 = \frac{1}{116}$	$\frac{1}{348}$ †
Zink	$0{,}0095 = \frac{1}{105}$	$\frac{1}{315}$ †

Sehr genaue Versuche über die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme, stellte Lavoisier und Laplace in den Jahren 1781 und 82 mittelst in Linealform gebrachter Körper an, welche sie in Wasser von bestimmten Temperaturen tauchten. Es druckten diese Lineale, indem sie sich ausdehnten, gegen das eine Ende eines beweg-

messingen Winkelhebels, an dessen anderem Ende ein achromatisches Teleskop befestigt war; die so mitgetheilte Bewegung verursachte, daß das Teleskop nach einander auf verschiedene Theile einer ungefähr 1,885 Meter abstehenden Scale mit Graden hinweist und so vermehrte Maaße der Expansion darbietet. Hiernach wurden die Linearausdehnungen nachfolgender Substanzen gefunden, zwischen der Temperatur des gefrierenden und des siedenden Wassers, wie folgt:

St. Gobain Glas	$\frac{1}{1122}$
Bleifreye Glasröhren drey Stück	$\frac{1}{1142}$, $\frac{1}{1115}$, $\frac{1}{1090}$
Englisch Flintglas	$\frac{1}{1248}$
Kupfer	$\frac{1}{582}$ und $\frac{1}{581}$
Messing	$\frac{1}{532}$ und $\frac{1}{529}$
Gehämmert Eisen	$\frac{1}{819}$
Eisendrath	$\frac{1}{812}$
Ungehärteter Stahl	$\frac{1}{927}$ und $\frac{1}{926}$
Gehärteter Stahl (angelassen auf 65° C.)	$\frac{1}{807}$
Bley	$\frac{1}{351}$
Indianisch Zinn	$\frac{1}{516}$
Falmouther Zinn	$\frac{1}{462}$
Silber, von der Capelle	$\frac{1}{524}$
Gold	$\frac{1}{682}$, $\frac{1}{661}$, $\frac{1}{645}$
Platin, nach Borda	$\frac{1}{1167}$

Vergl. J. B. Biot's Traité de Physique expérimentale et mathématique I. S. 158. etc.

§. 506. Da die Hitze des kochenden Wassers nur bey einerley Druck der Atmosphäre unveränderlich ist, und das Wasser bey größerm Druck der Atmosphäre eine größere, bey geringerm eine geringere Hitze zum Sieden erfordert: so sieht man leicht, daß der Siedepunkt nicht unveränderlich

ist. Daher ist es zur genauen Bestimmung des Fundamentalabstandes nöthig, den Siedepunkt entweder nur bey einer bestimmten Normal-Barometerhöhe zu suchen, oder ihn bei einer andern Barometerhöhe darnach zu berichtigen. Die von der königlichen Societät zu London zur Berichtigung dieses Gegenstandes niedergesetzten Commissarien, Cavendish, de Luc, Maskelyne und Horsley, rathen an, den Siedepunkt am Thermometer entweder bloß im Dampfe des siedenden Wassers zu bestimmen, das in einem verschlossenen Gefäße kocht, in welchem die Dämpfe sich selbst den Ausgang verschaffen können, doch so, daß das siedende Wasser selbst die Thermometerkugel nicht berührt; oder die Kugel des Thermometers in das kochende Wasser selbst zwey bis drey Zoll tief einzusenken. Zur Normalhöhe des Barometers bestimmen sie für die erstere Methode 29,8 engl. Zoll, die 27 Z. 11,538 L. = 335,538 Lin. paris. gleich sind; für die zweyte aber 29,5 engl. Zoll, die mit 27 Z. 8,16 L. oder 332,16 Linien paris. übereinkommen. Da nun genaue Versuche lehren, daß eine Aenderung des Barometerstandes von $29\frac{1}{2}$ bis $30\frac{1}{2}$ Zoll engl. (332,16 Lin. bis 343,42 L. paris. eine Aenderung des Siedepunktes von 80,54 Grad auf 81,25 Gr. Reaum. macht, oder, daß um Einen Zoll (engl.) Zunahme des Barometerstandes der Siedepunkt um 0,71 Gr. Reaum. = 1,59 Gr. Fahrenh. höher zu liegen kommt; da folglich jede Aenderung des Barometerstandes um 0,114 Z. engl. = 1,283 Linien paris. eine Aenderung des Siedepunktes von 0,114 . 1,59 = 0,181 Gr. Fahrenh., d. i., eine Aenderung um $\frac{1}{1000}$ des ganzen Abstandes zwischen dem Siedepunkte und natürlichen Gefrierpunkte, zuwege bringt: so hat man daraus folgende Regel zur Berichtigung des Siedepunktes festgesetzt: Man beobachte zu der Zeit, da man den Siedepunkt am Thermometer bestimmt, die Barometerhöhe; und wenn sie um n. 0,114 Z. engl. (oder n. 1,28. Linien paris.) höher oder niedriger ist, als die Normalhöhe des Barometers seyn muß, so muß man den gefundenen Siedepunkt um $\frac{n}{1000}$ seines Abstandes vom Ge-

Siedpunkte tiefer herab oder höher hinaufsetzen. — Das Wasser, worin man den Siedepunkt bestimmt, muß reines destillirtes oder Regenwasser seyn, indem Salztheile sonst den Siedepunkt erhöhen können.

Bericht einer von der königl. Soc. der Wissensch. zu London niedergesetzten Commission, über die beste Methode, die festen Punkte des Thermometers zu bestimmen; a. d. *philos. transact.* Vol. LXVII. P. II, No. 57., übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. I. S. 643 ff. Luz vollständige Beschr. von Barometern, Anh. S. 52. Gehler's phys. Wörterb. Th. IV. S. 536 ff.

§. 507. Zur Bestimmung des untern Punktes am Fundamentalabstande wähle man die Temperatur des zergehenden reinen Schnees oder reinen Eises, worin man das Thermometer senkt und hinlängliche Zeit darin stehen läßt. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Thermometer in eben gefrierendes Wasser setzt. Der künstliche Frostpunkt aus Schnee und Salmiak ist sehr unzuverlässig.

De Luc a. a. O. Th. I. §. 438. c. Luz Anweis., Thermometer zu verfertigen, §. 122—129.

§. 508. Thermometer, welche mit der nöthigen Genauigkeit verfertigt und mit einerley Flüssigkeit gefüllt sind, harmoniren mit einander, oder zeigen bey gleichen Aenderungen der Wärme oder Kälte einerley Grade an. Wenn man aber auch noch so genau bey ihrer Verfertigung verfährt, so bleiben sie doch noch einigen kleinen, schwerlich zu hebenden Mängeln ausgesetzt, die besonders darin bestehen, daß die Wärme oder Kälte nicht allein die Flüssigkeit des Thermometers ausdehnt oder zusammenzieht, sondern daß auch das Glas der Kugel und Röhre, so wie die Scale selbst, diese Veränderungen erleidet.

Noch ist hier zu bemerken, daß die Röhre gehörig calibrirt und von einem hinlänglich kleinen Durchmesser des Inwendigen der Röhre und einer schicklichen Länge sey, das Quecksilber gehörig von Luft gereinigt und überhaupt in der möglichsten Reinigkeit angewendet werde.

Thermometer mit kleinern Kugeln sind empfindlicher, als die mit größern. Die Kugel des Thermometers muß zu genauen Beobachtungen das Bret nicht berühren.

Zu den Schriften über die Verfertigung der Thermometer gehört noch außer den oben (§. 495.) angeführten: Strohmeyer's Anleitung, übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Göttingen 1775. gr. 8.

„Auch das phys. Pendel ließe sich als Wärmemesser benutzen. K."

§. 509. Größere Grade der Hitze, die über den Siedepunkt des Quecksilbers gehen, und die wir folglich nicht mehr durch unsere damit gefüllten Thermometer messen können, weil das Quecksilber dann seinen Aggregatzustand der tropfbaren Flüssigkeit ändert und in Dampf verwandelt wird, hat man durch Pyrometer zu messen gesucht. Die metallenen sind sehr unvollkommene und unzulängliche Werkzeuge. Es gehören hierher:

1) Mortimers Metallthermometer.

A discourſe, concerning the uſefulneſs of thermometres in chemical experiments — with the deſcription and uſes of a metalline thermometer, newly invented by *Cromw. Mortimer*; in den *philoſ. transact.* Vol. XLIV. 1755. No. 484. *Append.* S. 672. Gehler's phyſ. Wörterb. Th. IV. S. 559.

2) Des Grafen von Löſer Metallthermometer.

Thermometri metallici ab inventione Comitis *Loeſeri* deſcriptio, auct. *Jo. Dan. Titio.* Lipſ. 1765. 4. Eberhard's Naturlehre §. 564.

3) Zeihers Metallthermometer.

Thermometri metallici deſcriptio, auct. *J. Ern. Zeihero*; in den *nov. comment. petrop.* T. IX. S. 505 ff.

„Brequet's neues Metallthermometer; Schweigger's Journ. XX. S. 465. Kr."

§. 510. Wedgwoods Pyrometer macht allen andern den Vorzug streitig. Es gründet sich auf das Vermögen des Thons, in der Hitze zu schwinden, ohne sich durch plötzliche Erkältung wieder auszudehnen. Auf eine messingene Platte sind messingene Stäbe gelöthet, die etwas schräg gegen einander laufen, und so eine allmählig enger werdende Rute bilden, in welche die zum Gebrauche dienenden thönernen Würfel hineingeschoben werden. Um nun den Grad der Hitze eines Ofens zu messen, legt man einen thönernen Würfel hinein, und wirft ihn sogleich, nachdem er die Hitze des Ofens angenommen hat, in kaltes Wasser. Der Würfel geht desto tiefer in die Rute des Pyrometers hinein, je schmäler seine Seite durch die Hitze geworden ist. An der Stelle, wo der Würfel stecken bleibt, steht auf den Stä-

ben eine Zahl, die den Grad der Hitze angiebt. Es versteht sich, daß man immer einerley Art Thonwürfel zu diesem Pyrometer brauchen muß.

Philosophical transactions, Vol. LXXII. und LXXIV.

„Wedgwoods Pyrometer ist nach der eigenen Angabe des Erfinders nicht mehr darstellbar; vergl. Deutsch. Gewerbsfr. B. II. S. 181. Kr."

Freye Wärme und deren Verbreitung.

§. 511. Um jeden erhitzten Körper herum verbreitet sich, der Erfahrung zu Folge, jene Kraftäußerung auf unser Gefühl und aufs Thermometer, wodurch wir auf das Daseyn der Wärme schließen, nach allen Richtungen zu, und zwar mit abnehmender Intensität, und, so fern wir in der Wärme als wirkende Ursache einen Stoff annehmen, folgern wir aus dieser ihrer Verbreitung, daß derselbe eine ausdehnsame (sammt dem Lichte von der Sonne zur Erde gelangende, und auf letzterer sich nach allen Richtungen verbreitende, mithin) unschwere, und laut aller Beobachtung nur durch sich selbst Ausdehnsamkeit besitzende, oder rein und an sich expansible Flüssigkeit sey.

§. 512. Diesen Umständen zu Folge müßte der Wärmestoff sich von dem Orte aus, wo er frey wird, ins Unendliche verbreiten, und seine Dichtigkeit, folglich seine Expansivkraft oder seine Kraftäußerung, müßte daher endlich Null werden, weil er seiner Verbreitung durch sich selbst und durch seine eigene Ausspannungskraft nicht Gränzen setzen kann. Dieß würde auch geschehen, wenn nicht, wie die Folge lehren wird, dem freyen Wärmestoffe durch Anziehungskräfte anderer Materien dagegen in seiner Ausspannungskraft Gränzen gesetzt, und er also dahin gebracht werden könnte, seinen Raum mit Beharrlichkeit zu erfüllen.

§. 513. Zur anschaulichen Erklärung gewisser Phänomene kann man sich zwar die Verbreitung des Wärme-

stoffes in Strahlen (strahlender Wärmestoff), oder so vorstellen, daß die Theilchen desselben von dem Orte aus, wo sie frey werden, sich geradlinig divergirend verbreiten, wie Radii einer Kugel vom Mittelpunkte derselben nach der Fläche derselben gehen; allein in der Wirklichkeit ist diese atomistische Vorstellungsart nicht gegründet. Der Wärmestoff muß vielmehr als ausdehnsam-flüssiges Wesen, auch bey der größesten Dünne, seinen Raum mit Continuität erfüllen.

§. 514. Es folgt aus der Verbreitung des Wärmestoffes, daß die Stärke dieses Ausflusses aus einem Punkte, oder die Quantität der Wärmetheilchen, die davon zu einer gegebenen Fläche gehen, im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen abnehme. Erfahrungen hierüber mit dem Thermometer können den Satz nicht beweisen, da dasselbe nicht die Quantitäten des Wärmestoffes anzugeben vermag (§. 494.)

Lambert's Pyrometrie, oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4. S. 201 ff. Marc. Aug. Pictets Versuch über das Feuer. A. d. Franz. Tübingen 1790. 8. §. 51.

„Als Grundmaaß der Wärme kann die Ausdehnung der Gase dienen, die sich nach Gay-Lussac und Dalton — vom Gefrierpunkte des Wassers bis zu dessen Siedepunkt um $\frac{3}{8}$ ihres Volums ausdehnen. Fr."

§. 515. Die Beschleunigung der Expansivkraft, die die Theilchen des Wärmestoffs in Bewegung setzt, ist, wie die Wirkung auf den Lichtstoff lehrt, so groß, daß die Bewegung der freyen Wärmetheilchen für Versetzungen aus einem Orte in den andern bey unsern Versuchen auf der Erde instantan zu seyn scheint. Für sehr große Räume würde die Geschwindigkeit allerdings meßbar seyn.

Pictet's Vers. §. 64—67.

§. 516. „In allen Fällen, wo die Wärme gehindert wird, eine ihrer Intensität angemessene Ausdehnung zu bewirken, wird Wärme strahlend frey, und pflanzt sich als solche mit einer der Geschwindigkeit des Lichtes nahe kom-

wenden Schnelle, nach den Gesetzen des Wurfs elastischer Kugeln oder der Schallstrahlen fort. Kr.

§. 517. Die Intensität der Hitze oder Wärme hängt von der Quantität der freyen Wärmetheilchen in einerley Raume oder ihrer Dichtigkeit ab, mit welcher ihre Expansivkraft im Verhältnisse seyn muß. Die durch ihre Wirkung aufs Thermometer bestimmten Intensitäten der Hitze nennen wir auch die Temperatur (Temperies) der Körper.

§. 518. Wenn man einem Körper, dessen Temperatur über die des umgebenden Mediums und des darin befindlichen Thermometers merklich erhöhet ist, ein empfindliches Thermometer nähert, auf welcher Seite man will, so zeigt das Thermometer eine höhere Temperatur. Diese erhöhete Temperatur bleibt aber nicht beständig, sondern sie kommt nachher allmählig wieder zu der Temperatur des umgebenden Mediums zurück. Dieß folgt aus der Verbreitung des Wärmestoffs. Jeder erhitzte Körper (wenn er nicht einer dauernden Quelle neuer Wärme ausgesetzt ist) verliert so nach und nach seinen Ueberschuß der Temperatur über die umgebenden; und es ist kein Körper der Erde bekannt, der vermögend wäre, die höhere Temperatur zurück zu halten, und keiner, welcher vermögend wäre, einen in ihm eingeschlossenen erhitzten Körper in der höhern Temperatur über die des umgebenden Mittels zu erhalten, und die Zerstreuung des von ihm austretenden Wärmestoffes zu verhindern. Es giebt also für den Wärmestoff keine undurchdringliche Hülle.

§. 519. „Wird eine Wärme ausstrahlende Materie innerhalb flüssiger Medien umgedreht oder in schwingende Bewegung versetzt, so wächst die Entstrahlungsgeschwindigkeit im Verhältniß der Bewegung. Die Entstrahlung selber findet aber nur in gasigen Flüssigkeiten statt. Kr."

§. 520. Nach der atomistischen Vorstellungsart erklärt man das Warmwerden der Körper und die Zunahme ihrer Temperatur aus dem in ihre leeren Zwischenräume tretenden und durch sie strömenden Wärmestoffe und dessen zunehmender Dichtigkeit: aber hiernach würden nur die vermeinten leeren Zwischenräume der Körper warm seyn; die materiellen Theile müßten absolut kalt seyn. Es geht hier vielmehr eine wahre chemische Durchdringung vor, wie bey den Auflösungen (§. 182.).

Eigentlich wird aller Wärmestoff, der andern Materien zugeführt wird, durch ihre Anziehung dagegen aufgenommen, und er durchdringt sie nur zu Folge dieser Anziehung, wie das Licht die durchsichtigen Körper, was in der Folge beym Lichte näher aus einander gesetzt werden wird. Eine mechanische Durchdringung ist nicht möglich (§. 57.).

§. 521. Nur die strahlende Wärme in Körpern ist die warm-machende, nur sie wirkt aufs Gefühl und aufs Thermometer, und heißt freyer Wärmestoff. — „Dort, wo die strahlende Wärme Ausdehnung bewirkt, verschwindet sie für unser Gemeingefühl, oder wird zur gebundenen oder latenten Wärme. Kr." — Man nennt sie dann unmerkbaren, verborgenen, oder fixirten Wärmestoff (Caloricum fixum).

§. 522. Die Temperatur eines Körpers (§. 517.) hängt also nicht von der Quantität des darin befindlichen Wärmestoffes überhaupt, sondern von der des freyen Wärmestoffes ab, der durch ihn dringt oder aus ihm tritt.

§. 523. Wenn ein Körper eine höhere Temperatur hat, als ein anderer, der mit ihm zusammengebracht wird, so pflanzt sich die Wärme aus jenem in diesen fort, und der kältere entzieht den Ueberschuß der Wärme dem wärmeren. Der eine verliert also, und der andere überkommt; und dieß dauert so lange, bis das Thermometer in beyden eine gleichförmige Temperatur anzeigt.

„Bey gleichartiger Materie erfolgt dieser Austausch von Wärme und Kälte, nach dem Gesetze der Mittheilung des Stoßes der unelastischen Körper; vergl. §. 295. Kr."

§. 524. Da aus einem warmen oder erhitzten Körper nur in so fern Wärmetheilchen weggeführt werden, in sofern die umgebenden Körper weniger warm sind, so sagt man, daß die Wärme eines Körpers, oder eines umgebenden Mittels, allemal einem gleich großen Grade von Wärme in dem andern das Gleichgewicht halte.

§. 525. Bey diesem Gleichgewichte des Wärmestoffes in Körpern von einerley Temperatur muß man aber nicht die Vorstellung haben, daß derselbe durch sich selbst zurückgehalten sey, oder daß er sich durch den Gegendruck des eben so ausdehnsamen Wärmestoffes in einer gleichförmigen Spannung oder Dehnung befinde, wie etwa zwey mit der Federkraft begabte Stahlfedern, oder Polster, oder zwey Portionen eingeschlossener Luft im Gleichgewichte sind. Diese Idee streitet schlechterdings mit der Natur des freyen Wärmestoffes, der, wie das Licht, nie mit Beharrlichkeit seinen Raum erfüllt, und für den es keine undurchdringliche Hülle giebt.

Die Vorstellung von Spannungen und darauf gegründeten absoluten und specifischen Elasticitäten des Wärmestoffes legt Herr Mayer in seiner sonst sehr schätzbaren Abhandlung zum Grunde: Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs, von Joh. Tob. Mayer. Erlangen 1791. 8.

§. 526. Das Gleichgewicht der Wärme besteht vielmehr in der Gleichheit der durch die Verbreitung des freyen Wärmestoffes hervorgebrachten Wechsel. Wenn sich nehmlich zwey benachbarte Körper eine Anzahl Wärmetheilchen in einer gegebenen Zeit zuschicken, oder, mit andern Worten, wenn in einerley Zeit in den einen Körper so viel freye Wärmetheilchen aus dem andern strömen, als von ihm zu demselben treten; so ändert sich natürlicher Weise die Temperatur nicht, da die Quantität der freyen Wärmetheilchen in den Körpern gleich bleibt und von derselben die Temperatur abhängt. Gesetzt aber, es verlöre in dem einen Körper die Wärmematerie ihre bewegende Kraft zur Verbreitung, so würde ihm von dem andern Körper mehr davon zuströmen, als er jenem wieder zusendet, und so würde die

Temperatur in jenem zunehmen; und dieß würde so lange dauern, bis die Wechsel ihrer Wärmetheilchen wieder gleich wären.

Recherches physico-mécaniques sur la chaleur, par *Pierre Prevost*, à Genève et Paris 1792. 8. S. 10 ff.

§. 527. Wenn also ein Körper in einerley Zeit eben so viele freye Wärmetheilchen ausströmt, als er empfängt, und umgekehrt, so ist seine Temperatur dauernd. Wenn er mehr empfängt, als er ausströmt, ohne diese empfangenen Wärmetheilchen zu binden oder ihnen durch seine Anziehungskraft Schranken zu setzen, so wird seine Temperatur zunehmen, d. h., er wird erhitzt werden. Wenn er hingegen mehr aussendet, als er empfängt, so wird seine Temperatur vermindert werden, d. h., er wird erkältet.

§. 528. Wenn sich eine Quelle von Wärme öffnet, und die ihr ausgesetzten Körper die davon ausfließenden Wärmetheilchen in größerer Menge empfangen, als sie dahin ausströmen, so werden sie erhitzt werden. Da sie aber in einer gegebenen Zeit nur eine bestimmte Quantität davon empfangen können, so muß auch eine gewisse Zeit für sie nöthig seyn, um einen gegebenen Grad von Temperatur zu erreichen, oder bis zu einem gewissen Grade erhitzt zu werden. Wenn wir nun hierbey nicht nur Massen und Volumina, sondern auch die Natur der Körper, folglich ihre Leitungskraft für die freie Wärmematerie, gleich setzen, so folgt, daß ihre durch die Mittheilung erhaltene Temperatur von der Zeit und der Intensität des Wärmestoffs abhängen muß.

Wenn also ein Körper gleichförmig eine Zeit hindurch Wärme ausströmt, und als eine ununterbrochene Quelle des Wärmestoffes anzusehen ist, so wird ein Thermometer, in einer gewissen Entfernung das von eine kurze Zeit gehalten, nicht so hoch steigen, als in einer längern Zeit. Und wenn eben dasselbige Thermometer zweyen Wärmequellen, deren Intensitäten verschieden sind, gleich stark genähert wird, so wird es in einerley Zeit nicht von einerley Temperatur zu gleichen Graden steigen, sondern durch den heißern Körper höher, als durch den minder heißen.

§. 529. Es ist also die Zunahme der Temperatur eines und desselbigen Körpers (so lange seine Natur unverändert bleibt) in einer gegebenen Zeit der Intensität der Wärme des Wärme-verbreitenden Körpers proportional. Eben so ist auch klar, daß sie sich wie die Zeit verhalten muß, wenn die Intensität der Quelle der Wärme beständig und unveränderlich ist, und aus dem erwärmten Körper kein Wärmestoff wieder ausströmen oder sonst verschluckt werden kann.

§. 530. Aus beyden Sätzen zusammen folgt demnach: daß die Anhäufung der freyen Wärmematerie in einem Raume, aus dem sie nicht wieder heraustritt, in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Zeit und der Intensität der Wärme des die Wärme zuführenden Körpers sey, oder sich verhalte wie die Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursach multiplicirt mit der Zeit.

Prevost recherches, §. 12—15.

§. 531. Wenn die Temperatur eines Körpers gleich bleibt, so wird die aus ihm ausströmende Wärmematerie ebenfalls in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Intensität seiner Wärme und der Zeit seyn. Wenn also die Zeit gleich ist, so wird ein und derselbige Raum oder Körper, der noch einmal so heiß, oder worin die Dichtigkeit des freyen Wärmestoffes noch einmal so groß ist, doppelt so viel Wärmematerie ausschicken. Und wenn die Intensität seines freyen Wärmestoffes gleich bleibt (immer wieder gleichförmig ersetzt wird), so wird er in der doppelten Zeit noch einmal so viel Wärmeoff ausströmen.

Prevost recherches, §. 16.

§. 532. Jeder Körper, der Wärmestoff mitgetheilt erhält, strömt zu gleicher Zeit auch Wärmestoff aus; und die Erhitzung desselben ist daher nur die Differenz der Quantitäten dieser ein- und ausströmenden Wärmetheilchen.

§. 533. Die Erhitzung oder Erkältung eines der Luft ausgesetzten Körpers ist, wenn die Temperatur der Luft

[illegible], in gleichen Zeittheilchen der Differenz der anfänglichen Temperaturen gleich. Dieses Gesetz folgt aus dem vorhergehenden ungezwungen, und Richmann hat es durch eine Reihe sinnreicher Versuche zu bestätigen gesucht.

Inquisitio in legem, secundum quam calor fluidi in vase contentu certo temporis intervallo in temperie aëris constanter eodem gradu decrescit, vel crescit, et detectio ejus, auct. *Geo. Wilh. Richmanno*; in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 191. Lambert a. a. O. §. 255 ff. *Prevost* recherches, §. 18.

§. 534. Wenn ein erhitzter Körper in einem kalten Mittel sich befindet, dessen Temperatur sich gleich bleibt, so führt die Expansion des Wärmestoffes in jedem Augenblicke einen Theil der Wärme des Körpers weg, welcher der in ihm zurückbleibenden Wärmemenge proportional ist.

Wenn z. B. der Körper $\frac{1}{10}$ seiner innern Wärme in einem Augenblicke verliert, so werden nach dem ersten Augenblicke noch $\frac{9}{10}$ seiner primitiven Wärmemenge übrig bleiben; er wird im zweyten Augenblicke wieder $\frac{1}{10}$ von diesen $\frac{9}{10}$ verlieren, und es werden $\frac{9}{10}$ von den $\frac{9}{10}$ der primitiven Wärmemenge übrig bleiben, u. s. f.

Newton opusc. T. II. S. 425. und Princip. philos. nat. L. III. Prop. VIII. Cor. IV. Richmann a. a. O. S. 195. *Lambert* a. a. O. §. 258. *Prevost* a. a. O. §. 19.

„Der im allmähligen Erkalten begriffene Körper ist, in so fern er einen Theil seiner Wärme seiner Umgebung überläßt, ein Selbstleiter der Wärme, und der Erfahrung gemäß läßt er, bey gleichen Umständen jenen Theil der Wärme um so langsamer entweichen, je schneller er sie zuvor angenommen hatte; und er ist ein so schlechterer Wärmeableiter, je größer sein Selbstwärmeleitungs-Vermögen war. Nach Böckmann ist der beste Selbstleiter die Luft; ihr folgen die Hölzer, Steine und Metalle; und setzt man nach B. das Wärmeableitungsvermögen des Wismuth = 1000, so ist das des Merkurs = 843, des Goldes = 455, des Zinks = 401, des Kupfers = 540 und des Eisens = 352. Vergl. m. Experimentalphysik. II. §. 162. Anm. 4. Kr."

„Ueber Ableitung und Fortleitung der Wärme vergl. auch Langsdorfs Wärmelehre §. 119. S. 179. Kr."

§. 535. Diesem Gesetze gemäß geschieht die Erwärmung oder Erkältung eines Körpers in einem Mittel, dessen Temperatur constant ist, dergestalt, daß die Unterschiede seiner Wärme von der des Mittels in einer geometrischen Progression sind, während die Zeiten der Erhitzung oder Erkältung in arithmetischer Progression fortgehen. Die

Fortschritte der Veränderungen der Temperatur des Körpers werden deshalb auch in gleicher Zeit immer kleiner.

Anwendung von diesem allgemeinen Gesetze der Erkältung oder Erhitzung in Fällen, wenn die sich die Wärme mittheilenden Körper beyde die Temperatur ändern, hat *Prevost* a. a. O. §. 20.

§. 536. Die Erkältungen erhitzter Körper in einem Mittel, dessen Temperatur sich gleich bleibt, sind nach Richman im geraden Verhältnisse ihrer Oberflächen und im umgekehrten ihrer Massen.

Richmann a. a. O.

§. 537. Unser Körper enthält selbst eine Quelle der Wärme in sich, so lange wir leben, wie der Körper aller warmblütigen Thiere, d. h., es wird in unserm Körper während seines Lebens beständig fixirter Wärmestoff zum freyen gemacht, der sich dem Körper mittheilt und den Antheil ersetzt, welchen wir nach den Gesetzen der Verbreitung des Wärmestoffs ohne Unterlaß an die uns umgebenden Mittel absetzen. Wenn nun ein anderer uns berührender Körper uns in einerley Zeit mehr freyen Wärmestoff mittheilt, als er von uns empfängt, so nennen wir ihn warm oder heiß; wenn er hingegen in einerley Zeit mehr Wärmestoff von uns empfängt, als er uns mittheilt, so heißt er kalt. Kälte ist nichts Positives, sondern etwas Negatives. Absolute Kälte, oder das wahre Null am Thermometer, kennen wir nicht.

„Mit demselben Rechte, mit welchem man die Annahme eines Wärmestoff's gestattet, läßt sich auch die eines Kältestoff's vertheidigen; (siehe weiter unten §. 621. 4.). Kr"

§. 538. Wenn es für den freyen Wärmestoff eine undurchdringliche Hülle gäbe, so würde der darin eingeschlossene Körper stets die Temperatur behalten, die er einmal hat, da die Intensität seines Wärmestoffs durch Verbreitung nicht geschwächt würde. Es existirt aber keine Materie in der Natur, die für die Wärmetheilchen undurchdringlich wäre (§. 518.)

§. 539. Die Erfahrung lehrt aber, daß die verschiedenen Körper den Wärmestoff nicht gleich schnell durchlassen,

und bey gleicher Temperatur einen und eben denselben in ihnen eingeschlossenen Körper von der höhern Temperatur, bey übrigens gleichen Umständen, nicht in gleichen Zeiten um gleich viel Grade abkühlen lassen. So lehren schon alltägliche und gemeine Erfahrungen: daß wir durch wollene Kleider und Bedeckungen uns mehr vor der Kälte schützen können, als ohne diese; daß wir uns in Federbetten auch in Zimmern, die unter dem Gefrierpunkte kalt sind, in der zum Leben nöthigen Temperatur unsers Körpers erhalten können, wenn wir daselbst in einer Hülle von Metall unfehlbar erstarren müßten; daß ein erhitzter Körper schneller in Wasser abgekühlt wird, als in Luft von eben der Temperatur; daß Bäume mit Stroh umwunden, vor dem Winterfroste besser geschützt werden, als ohne diese Bedeckung; daß es unter Strohdächern im Sommer kühler, und im Winter wärmer ist, als unter Ziegeldächern: daß Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen den Eindrang der äußern Wärme ungleich länger abhalten, als mit steinernen Wänden; daß eine Eisenstange mit einem hölzernen Handgriffe sich an diesem ohne Verletzung der Hand angreifen läßt, wenn sie an ihrem Ende glühend gemacht wird, da sie hingegen mit dem metallenen Handgriffe bald eine verletzende Wärme erlangen würde; daß unter der Hülle des Schnees die Temperatur des Bodens weit länger warm bleibt, als wenn er von der Luft allein berührt wird; daß wir unter Asche erwärmte Flüssigkeiten länger warm erhalten können, als in der Luft; u. dergl. m.

„Feste Materien leiten die Wärme ohne merkliche Selbstbewegung ihrer Theilchen, wenn sie dabey aus dem kalten in den warmen Zustand übergehen, gerathen hingegen in Schall (Klang) veranlassende Schwingungen, wenn sie im sehr erhitzten Zustande plötzlich in sehr kalte Umgebungen gebracht werden. Tropfbare gelangen durch Zuleitung von Wärme in Gegenbewegung, bringen dadurch die kalten und heißen denkbaren Theilchen in fortdauernde wechselnde Berührung, und beschleunigen dadurch verhältnißmäßig die Leitung; umgekehrt verhalten sie sich mehr ruhend bey der Abkühlung und verlangsamen dadurch die Ableitung der Wärme. Die Ausdehnsamen hingegen leiten nur, in so fern sie an räumlicher Ausdehnung gehindert werden: im entgegengesetzten Fall erleiden sie nur Durchstrahlung der Wärme. Kr."

§. 540. Wir schreiben diesemnach demjenigen Körper, der die Wärmetheilchen schneller durch sich durchläßt, als ein anderer, oder der in kürzerer Zeit bey gleicher Oberfläche durch einerley Wärmestrom von einerley Temperatur zu einer gleichen Anzahl von Graden erhitzt wird, eine größere Wärme-leitende Kraft zu, als einem andern, und gründen hierauf den Unterschied zwischen guten und schlechten Leitern für die Wärmematerie. Einen vollkommenen Nichtleiter für die Wärme giebt es nicht.

§. 541. Indessen herrschen bey den Physikern zum Theil noch widersprechende Vorstellungen von dem, was sie unter Wärme-leitender Kraft der Körper verstehen, und sie haben sich noch nicht gehörig über den Begriff davon vereinigt. Wenn z. B. ein bis zum Siedepunkte erhitztes Thermometer in eine Masse schmelzenden Schnees gestellt wird, so wird es darin weit schneller zu der Temperatur des schmelzenden Schnees herabkommen, als in Luft von eben dieser Temperatur. Ich muß also dem schmelzenden Schnee eine stärkere Wärme-leitende Kraft zuschreiben, als der Luft. Wenn ich aber diese darnach bestimme, ob ein Körper schneller oder langsamer, folglich in kleinerer oder in größerer Zeit, bey gleichem Volum zu einerley Anzahl von Graden durch einerley Wärmestrom erhoben werden kann: so muß ich der Luft eine stärkere Wärme-leitende Kraft zuschreiben, als dem Wasser, weil ich finde, daß sie weit schneller vom Gefrierpunkte an zu einer gewissen Temperatur kommt, als das Wasser.

§. 542. Man muß sich also erst über die Bestimmung der Wärmeleitenden Kraft einverstehen. Ich bestimme sie daher, mit Graf Rumford, von dem wir die zahlreichsten Versuche über diesen Gegenstand haben, für das Vermögen der Körper, bey übrigens gleichen Umständen, die Abkühlung eines darin eingeschlossenen erhitzten Körpers schneller oder langsamer zuzulassen. Der Körper, der diese Abkühlung schneller zuläßt, ist ein besse-

rer Leiter, als der, welcher sie langsamer oder in längerer Zeit zuläßt. Im gemeinen Leben nennen wir schlechte Leiter für die Wärme, z. B. Wolle, Federn, Haare, Pelzwerk, warme, auch warm-haltende Körper.

§. 543. Erst in neuern Zeiten hat man diesen Gegenstand, der in Ansehung des Nutzens, welcher sich von seiner Bearbeitung für Künste und Gewerbe und für die Gesellschaft überhaupt, so wie selbst für die Erklärung mehrerer Naturphänomene daraus ziehen läßt, so überaus wichtig ist, zu bearbeiten angefangen. Das Verfahren, dessen sich Rumford in seinen neuern Versuchen bedient hat, besteht darin, ein empfindliches Quecksilberthermometer mit hinreichend breiter Scale in einen Glaskolben mit einer Kugel so aufzuhängen, daß die Kugel des Thermometers in der Mitte der Kugel steht; den Zwischenraum mit der Substanz, deren respective Wärmeleitende Kraft man bestimmen will, zu gleicher Höhe auszufüllen, den Apparat in kochendem Wasser bis zu einerley Temperatur zu erhitzen, hernach in einer kaltgemachten Mischung aus Eis und Wasser von hinlänglicher Masse wieder abzukühlen, und nach einer Secundenuhr genau die Zeit zu merken, welche verfließt, ehe das Thermometer von 70 Gr. R. bis 10 Gr. herabsinkt, und zwar von 10 Gr. zu 10 Gr. Man sieht leicht, daß die Leitungskraft der Substanz für die Wärme im umgekehrten Verhältnisse der gefundenen Zeit der Abkühlung stehen muß. Versuche über die Wärme-leitende Kraft der Körper haben Richmann, Rumford, Ingenhouß, Pictet und Mayer angestellt. Die Resultate, die sie daraus ziehen, weichen oft von einander ab.

New Experiments upon Heat, by Colon. Sir Benjam. Thompson; Lond. 1786. 4. Experiments upon Heat, by Major-General Sir Benjam. Thompson; in den Philos. transact. 1792. P. I. S. 48 ff. Versuche über die Wärme, vom General-Major Hrn Benj. Thompson (Graf Rumford); in Gren's Journal der Physik, B. VII. S. 246. ff. Mayer vom Wärmestoffe, S. 228 ff. Ueber das Gesetz, welches die Leitungskräfte der Körper für die Wärme befolgen, vom Hrn. Hofr. Mayer; in Grens Journal der Physik, B. IV. S. 22.

Ingenh

Ingenhousz über die Leitungskraft der Metalle für Wärme: ebendas. B. 1. S. 154. Pictet Vers. über das Feuer, Kap. 4—5. „Dalton u. Böckmann a. a. O. Kr."

„Da ein gewöhnliches Thermometer von jeder Temperatur-Veränderung des Ortes, in welchem man experimentirt, störenden Einfluß erfährt, so erfand Leslie das Differentialthermometer, dessen sich auch Gr. Rumford bediente. Es besteht dieses aus einer dünnen Glasröhre, welche in Gestalt des Buchstabens U gebogen ist, und die sich an jedem Ende in eine kleine, fast gleich große, hohle Kugel endet. Die Röhre enthält etwas durch Karmin geröthete Schwefelsäure, welche hinreicht, den größten Theil derselben zu füllen. An dem einen Schenkel der Röhre ist eine kleine elfenbeinerne Scale befindlich, welche in 100 Grade getheilt worden, und die Schwefelsäure ist so geordnet, daß ihre obere Fläche in dem eingetheilten Schenkel gerade dem Theile der Scale, welcher mit 0 bezeichnet ist, entgegen steht. Diejenige gläserne Kugel, welche sich an dem mit der Scale versehenen Schenkel befindet, wird, um sie von der andern zu unterscheiden, die Focalkugel genannt. Bringt man dieses Thermometer in ein warmes Zimmer, so wird die Wärme auf beyde Kugeln gleichförmig wirken; und da mithin die in ihnen eingeschlossene Luft gleichförmig ausgedehnt wird, so muß sich die Flüssigkeit in der Röhre auf demselben Standpunkte erhalten. Erhält aber die Focalkugel im Laufe des Versuchs eine höhere Temperatur, während die zweyte Kugel derselben Temperaturerhöhung nicht ausgesetzt ist, so wird sich die Luft der Focalkugel ausdehnen, während die in der anderen Kugel befindliche Luft nicht afficirt wird. Die mehr ausgedehnte Luft wird demnach stärker auf die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit drücken, und dieselbe zur kälteren Kugel hinbewegen machen. Die Flüssigkeit wird sich mithin in der Röhre über 0 C. erheben, und das Steigen wird dem Grade der Hitze entsprechen, welchem die Focalkugel ausgesetzt war. Ein dergleichen Thermometer eignet sich daher vorzüglich dazu, jenen Grad der Hitze anzuzeigen, der in einem bestimmten Punkte, z. B. in dem Hauptbrennpunkte eines zum Auffangen der Wärmestrahlen bestimmten Brennspiegels angehäuft ist, während die diesen Punkt oder diesen Brennraum umgebende atmosphärische Luft, nur wenig von jener Hitze ergriffen und erwärmt wird. Um über das Strahlen der Wärme Versuche anzustellen, nahm Leslie hohle zinnerne Würfel, von 3 bis 10 Kubikzoll Inhalt, füllte sie mit heißem Wasser und stellte sie vor einen zinnernen, parabolischen Brennspiegel von ungefähr 14 Zoll engl. Durchmesser, in dessen Brennpunkt sich die Focalkugel des Differentialthermometers befand. Die mit heißem Wasser gefüllten Gefäße wurden zuvor mit den verschiedenen Materien bekleidet, deren Strahlungsvermögen bestimmt werden sollte. Hiernach erfolgte 1) die Abkühlung um so langsamer, je glätter die Außenfläche des Gefäßes und je bewegter die umgebende Luft war; 2) war die Wirkung der erhitzten Oberfläche proportional dem Sinus der Neigung der Oberfläche gegen den Brennspiegel; 3) nahm die Ausstrahlungs-Geschwindigkeit ab, wenn die rauhe Oberfläche des Gefäßes in mehreren Richtungen (z. B. durch Scheuern) aufgerissen war; 4) zeigten folgende verschiedene Materien, welche die Gefäße bekleideten, bey gleicher Erhitzung nachstehende Unterschiede der Ausstrahlung:

Lampenschwarz	100
Wasser, der Schätzung nach	100 +
Schreibpapier	98
Harz	96
Kronglas	90
Tusche	88
Eis	85
Mennige	80
Hausenblase	80
Graphit	75
Bley	45
Merkur	20 +
Glänzendes Bley	19
— — Eisen	15
Zinnblätter	12
Gold, Silber, Kupfer	12;

und 5) strahlten jene Oberflächen am schlechtesten zurück, welche „am besten ausstrahlten." Wurde hiebei der Brennspiegel mit wässeriger Leinlösung überzogen, so wurde dessen Wirkung in demselben Verhältniß vermindert, wie die Dicke der Leinlage zunahm, bis der Durchmesser dieser Lage $\frac{1}{1000}$ eines engl. Zolls betrug. — Den Leslie'schen Ausstrahlungsversuchen ähnliche, stellte früher auch Rumford an. Bey gleicher Verdünnung der atmosphärischen Luft und des Wasserstoffgases, war die Durchstrahlung von

Glas, bei ersterer	= 4041
von Metall	= 505; bey
letzterem von Glas	= 4558,
von Metall	= 567 in Leslie's Versuchen.

Kr."

§. 544. Die Wärme-leitende Kraft der Körper hängt hauptsächlich von dem Vermögen derselben ab, die freye Wärmematerie durch ihre Anziehung dagegen zur unmerkbaren zu machen. Ist nehmlich ein erhitzter Körper mit einem kältern umgeben, der den freyen Wärmestoff schnell bindet, so wird der aus ihm auf den letztern strömende Wärmestoff schnell und leicht zur latenten Wärme gemacht, die nicht wieder zurückstrahlt; und der erhitzte Körper verliert so desto leichter seinen Ueberschuß der Temperatur oder seiner freyen Wärme.

Die Wärme-leitende Kraft des leeren Raums, wovon Rumford spricht, ist nichts anders, als die Wärme-leitende Kraft der Hülle, die den leeren Raum begränzt, und namentlich in den Versuchen von Rumford und Pictet die Wärme-leitende Kraft des Glases.

Auch die Erscheinung, daß in Zimmern, worin z. B. durch Verbrennen von Oel u. dergl. sich rußhaltiger Dampf bildet, an der Decke derselben mit der Zeit die Stellen, wo die Balken laufen, durch ihre

weissere Farbe erkennbar werden, gründet sich auf die schlechter leitende Beschaffenheit des Holzes für Wärme. („Der Grund dieser Erscheinung möchte wohl mehr in der Hygrometrie, als in der Thermometrie zu suchen seyn")

Aus der verschiedenen Wärme-leitenden Kraft läßt sich nun auch leicht erklären, warum ein Stück Metall und ein Stück Holz, beyde von gleicher, aber von niedrigerer Temperatur als unser Körper, sich nicht gleichförmig kalt beym Anfühlen zeigen.

§. 545. Der Wärmestoff, der bey seiner Verbreitung auf die Fläche eines andern Körpers trifft, und davon nicht angezogen wird, oder sie nicht durchdringt, wird nach den Gesetzen der Reflexion elastischer Körper (§. 303. und 516.) davon wieder zurückgeworfen, und strömt unter eben dem Winkel von der reflectirenden Fläche zurück, unter dem er darauf stieß. Die Erscheinungen des Wärmestoffes, der sich in Vereinigung mit dem Lichte verbreitet, bestätigen dieß am besten, wie die Folge lehren wird.

Hierher gehören Pictet's Versuche über die Zurückstrahlung der dunkeln Wärme durch Hohlspiegel und über die sogenannte Zurückstrahlung der Kälte.

Pictet a. a. O. Kap. 3.

§. 546. So lange zwey Körper gleichartig bleiben, so kann es gar keinem Zweifel unterworfen seyn, daß, wenn die Temperaturen derselben gleich sind, die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffes sich darin verhalten wie die Massen oder Volumina. Der Wärmestoff mag darin Abänderungen seiner Expansivkraft erleiden oder nicht, so wird im erstern Falle dieß immer auf gleiche Art geschehen.

§. 547. Es folgt hieraus, daß, wenn zwey gleichartige Körper von ungleichen Temperaturen mit einander gleichförmig vermengt werden, sich die Wärmemenge beyder zusammen gleichförmig durch das ganze Gemenge ausbreiten, und die Vertheilung des Ueberschusses des freyen Wärmestoffes den Voluminibus oder Massen derselben proportional seyn müsse. Die Erfahrung bestätigt diese von Richmann angegebene Regel vollkommen, wenn man das

zugleich in Anschlag bringt, was von der Wärme während des Zusammenmischens an die umgebende Luft oder das Gefäß, worin man die Mischung macht, tritt.

Wenn also T, t die verschiedenen Grade der Temperatur der zu vermengenden gleichartigen Körper, M, m ihre Massen oder Volumina anzeigen, so ist die Temperatur nach der Vermengung, oder x, $= \frac{T.M+t.m}{M+m}$. Wenn M=m ist, so ist $x = \frac{T+t}{2}$. Gesetzt, es werde 1 Pfund heißer Sand von 180 Gr. F. mit 1 Pf. Sand von 40 Gr. vermengt, so wird die Temperatur nach der Vermengung $\frac{180+40}{2} = 110$ Gr. werden, oder der Ueberschuß, 140 Gr., in dem einen Pfunde wird sich unter beyde Pfunde gleichförmig vertheilen, so daß das wärmere Pfund $\frac{140}{2}$ oder 70 Gr. verliert, und das kältere dagegen $\frac{140}{2}$ oder 70 Grad erlangt. Oder, wenn 10 Pfund Wasser von 180 Gr. mit 6 Pfund Wasser von 40 Gr. vermischt werden, so wird die Temperatur nach der Vermischung $\frac{180.10+40.6}{10+6} = 127\frac{1}{2}$ Gr. werden.

Aus der Formel: $x = \frac{T.M+t.m}{M+m}$, folgt, daß M:m = x − t : T − x; und man kann daraus finden, wie groß die Massen oder Gewichte zweyer gleichartiger Körper, deren verschiedene Temperaturen gegeben sind, seyn müssen, um aus ihrer Vermengung eine verlangte Temperatur herauszubringen. Man habe z. B. Wasser von 60 Gr. und von 180 Gr.: wie ist das Verhältniß von jedem, um eine Temperatur von 96 Grad des Gemischten hervorzubringen? Antwort: 96 − 60 : 180 − 96 = 36 : 84 = 3 : 7; d. h., man wird von dem Wasser von 180 Gr. 3 Theile, und von dem 60 Gr. 7 Theile mit einander vermischen müssen, um 96 Gr. warmes zu erhalten.

De quantitate caloris, quae post miscelam fluidorum certo gradu calidorum oriri debet, cogitationes, auctore *Geo. Wilh. Richmann*; in den *nov. comment. petrop.* T. I, S. 152 ff.

§. 548. Diese Regel findet aber gar nicht mehr Statt, so bald man ungleichartige Körper von verschiedenen Temperaturen mit einander vermengt. Hier vertheilt sich der Ueberschuß des wärmern nicht nach Verhältniß der Gewichte dieser Körper; und es sind vielmehr ungleiche Quantitäten des freyen Wärmestoffes nöthig, um in gleichen Gewichten gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Wenn z. B. 1 Pfund Quecksilber und 1 Pf. Wasser, welches letztere eine höhere Temperatur hat, als jenes,

mit einander zusammengerührt werden, so wird die Wärme des Gemenges allezeit grösser seyn, als das arithmetische Mittel der vorigen Temperaturen; wenn aber das Quecksilber heißer ist, als das Wasser, so wird die Temperatur kleiner seyn, als das arithmetische Mittel.

Wenn z. B. 1 Pf. Quecksilber von 110 Gr. F. und 1 Pf. Wasser von 44 Gr. mit einander vermischt werden, so sollte nach der Richmannischen Regel die Temperatur des Gemenges 77 Gr. werden, sie wird aber nur 47 Gr.; und wenn das Quecksilber 44 Gr. und das Wasser 110 Gr. hat, so wird sie 107 Gr. Wenn also das Pf. Quecksilber 63 Gr. durch Vertheilung verliert, so gewinnt das Wasser nur 3 Gr.; und wenn hinwiederum das Wasser 3 Gr. verliert, so gewinnt das Quecksilber 63 Gr.

§. 549. Wenn also die Temperatur eines Körpers A um n Grade wächst oder vermindert wird, während die Temperatur des damit vermengten Körpers B von gleichem Gewichte um m Grade vermindert wird oder wächst: so können wir schließen, daß so viel Wärmetheilchen, als den Körper A um n Grade wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht von B um m Grade erwärmen; und daß, wenn A und B bey gleichem Gewichte gleiche Temperatur haben, die Quantitäten der freyen Wärmetheilchen darin sich verhalten wie m : n.

Weil in dem vorhergehenden Exempel die Wärme des Wassers bey der Vermengung mit gleich viel Quecksilber um 1 Gr. wächst oder vermindert wird, während die des Quecksilbers um 21 Grad vermindert wird oder wächst: so schließt man, daß so viel Wärmetheilchen, als das Wasser um 1 Gr. wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht Quecksilber um 21 Gr. erwärmen. Wenn also Wasser und Quecksilber bey gleichen Gewichten gleiche Temperatur haben, so müssen die freyen Wärmetheilchen in jenem sich zu denen in diesem verhalten wie 21 : 1.

§. 550. Dieses Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmetheilchen in ungleichartigen Körpern bey gleicher Temperatur und gleichem Gewichte nennt man die specifische Wärme (Calor specificus) nach Wilke, oder die comparative Wärme, auch die Capacität der Körper für Wärme, nach Crawford. Bestimmt man das Verhältniß bey gleichem Volum, so nennt es Wilke die relative Wärme.

§. 551. Man bestimmt diese specifische Wärme der Körper aus den Veränderungen der Temperaturen, die sie zeigen, wenn sie in verschiedenen Temperaturen vermengt worden und hernach auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind. Wenn die Gewichte der Körper A und B gleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Veränderungen x, y der Temperaturen, nachdem sie auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind; oder es ist $m : n = y : x$ folglich $m = \frac{ny}{x}$. Wenn die Gewichte P, p der zu vermengenden Materien ungleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Producte aus den Veränderungen x, y der Temperaturen in die Gewichte; oder es ist $m : n = yp : xP$, folglich $m = \frac{nyp}{xP}$. Der Erfinder dieser Formel ist Irvine.

Ein Pfund Quecksilber von 110 Gr., mit 1 Pfund Wasser von 44 Gr. vermengt, giebt eine Temperatur von 47 Gr.. Die Veränderung der Temperatur des Quecksilbers, oder x, ist $110 - 47 = 63$; die des Wassers, oder y, ist $44 - 47 = 3$: folglich verhält sich die specifische Wärme des Quecksilbers, oder m, zu der des Wassers, oder n, wie $y : x = 3 : 63 = 1 : 21$; und es ist also $m = \frac{1}{21}$, wenn $n = 1$. Wenn 14 Pf Quecksilber, oder P, von 100 Gr. mit 1 Pf. Wasser, oder p, von 50 Gr. vermengt werden, so wird vermöge der Erfahrung die gleichförmige Temperatur nach der gehörigen Vertheilung der Wärme 70 Gr. Hier ist also $x = 100 - 70 = 30$; y hingegen $= 70 - 50 = 20$, folglich $m : n = py : Px = 1 . 20 : 14 . 30 = 20 : 420 = 1 : 21$; das ist, wie vorher.

§. 552. Der Erste, der hierüber Erfahrungen angestellt hat, war Wilke. Black und Irvine hatten sich zwar auch schon mit diesem Gegenstande beschäftigt; die Resultate ihrer Untersuchung wurden aber erst nachher durch Crawford bekannt gemacht, der selbst mit vieler Sorgfalt die specifische Wärme verschiedener Körper zu bestimmen gesucht hat. Man hat so die Resultate dieser Versuche in Tabellen gebracht, und die specifische Wärme des Wassers dabey zur Einheit gesetzt. Diese Versuche erfordern aber äußerst ordentlich viel Genauigkeit, wenn die Resultate nicht zu sehr von der Wahrheit abweichen sollen. Eine Hauptregel

dabey ist, keine solchen Substanzen mit einander zu vermengen die eine chemische Wirkung auf einander äußern, sich wechselseitig auflösen, oder ihre Form ändern, oder ein zusammengesetztes neues Product geben, weil dabey, wie die Folge lehren wird, aus den Körpern selbst Wärmetheilchen frey oder verschluckt werden können, die die berechnete Temperatur erhöhen oder vermindern. Crawford hat diese Regel nicht immer beobachtet, und eben deßwegen sind viele seiner Resultate unzulässig. Viele Naturforscher verwechseln übrigens noch die latente Wärme mit der specifischen, welches ganz irrig ist. Die letztere ist nur Verhältniß der freyen Wärmetheilchen in Körpern bey gleichen Temperaturen und Gewichten.

Sonst ist bey Anstellung der Versuche über die specifische Wärme der Körper zu merken: 1) daß dazu Quecksilberthermometer gehören, die nicht nur sehr genau, sondern auch sehr empfindlich sind: 2) daß die Wärme, die während der Vermengung an die umgebende Atmosphäre abgesetzt wird, gehörig berechnet werde; 3) daß die kältere Substanz die Temperatur der Luft im Zimmer habe; 4) daß die specifische Wärme des Gefäßes, wenn die Vermengung vorgenommen wird, selbst gehörig bestimmt, und der Einfluß desselben in Anschlag gebracht sey; 5) daß die Unterschiede der sehr niedrigen Temperatur sowohl als der sehr großen vermieden werden: und 6) daß die Volumina so viel als möglich gleich genommen werden.

Wegen der Nichtbeobachtung der im §. angeführten Hauptregel bey diesen Versuchen sind daher von Crawford's Erfahrungen die Resultate zu verwerfen, die er bey der Bestimmung der comparativen Wärme der Metalloxyde, der Asche, des Holzes, der brennbaren Luft, des Weizens, der Hafergrütze, der Bohnen, der Gerste, des Fleisches, des Blutes; u. a., herausbringt. Eben so auch die Resultate, welche andere bey der Vermischung mit Wasser und Salzen, Säuren, Alcohol, Eis, erhalten haben.

Versuche über die eigenthümliche Menge des Feuers in festen Körpern und deren Messung, von Joh. Carl Wilke; in den neuen schwedischen Abhandl. Leipz. B. II. S. 48; und in Crell's neuesten Entd. der Chemie, B. X. S. 163. Experiments and observations on animal heat, and the inflammation of combustible bodies, being an attempt to resolve those phaenomena into a general law of nature. by *Adair Crawford*, Lond. 1779. 8. 1788. 8. Adair Crawford's Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme, a. d. Engl., herausgegeben von L. Crell, 1789. 8. Prüfung der neuen Theorieen über Feuer, Wärme, Brennstoff und Luft, von Gren; in dessen Journal der Physik, B. I. S. 5 ff. S. 189 ff.

§. 553. „Dalton bemerkt gegen Black's, Irvine's Crawford's, Wilke's, Carradori's, Gadolin's u. a.

Verfahren, es lasse sich nicht verbürgen, 1) daß die Capacitäten der Materien, so lange diese ihren Aggregatzustand nicht verändern, beständig sind, oder, mit andern Worten, daß die specifische Wärme genau im Verhältnisse mit den Temperaturen stehe; und 2) daß das gewöhnliche Merkurthermometer ein wichtiges Prüfungsmittel der Temperaturen sey (vgl. §. 505. Anm.) Dalton vermuthet vielmehr, daß die Capacität namentlich des Wassers zunehme, a) weil das Volum des Gemisches aus gleichen Maaßen Wasser von verschiedener Temperatur kleiner ist, als die Summe der Volumina beider Maaße; b) weil mit plötzlicher Aenderung der Capacität einer Materie, durch Veränderung ihres Zustandes, ihre Capacität stets, wenn die Temperatur wachse, von einer geringeren zur größeren fortschreite, z. B. Eis, Wasser, Dampf; und c) weil aus Crawford's eigenen Versuchen hervorgehe, daß bei den meisten tropfbaren Flüssigkeiten mit der Zunahme der Temperatur, auch Vergrößerung der Capacität für die Wärme Statt finde. — Dalton a. a. O. S. 64. Kr."

Daß die specifische Wärme der Körper sich umgekehrt verhalte, wie die eigenthümlichen Gewichte der Körper, vermuthe ich mit Boerhaave, und halte ihn, welcher annahm, daß sich die absoluten Quantitäten der freyen Wärme in ungleichartigen Körpern bey gleichen Temperaturen derselben verhielten wie die Volumina der Körper, noch nicht für widerlegt.

Bey dem schon öfter gebrauchten Beyspiele von Quecksilber und Wasser (§. 548. 551.) dürfte die gemeinschaftliche Temperatur nach der Vermengung des 1 Pfund Quecksilber von 110° F. und des 1 Pf. Wasser von 44° F. statt 47 Gr. nur 48½ Gr. werden (wie es in der Wirklichkeit auch wohl seyn kann, wenn der entweichende Wasserdampf keine Wärmetheilchen fortführte, oder die sich zerstreuenden Wärmetheile sonst besser in Anschlag gebracht werden könnten); und dann würde die Rechnung nach der Formel des 551. §. die specifische Wärme des Quecksilbers zu der des Wassers geben, wie 48,5 — 44 : 110 — 48,5 = 4,5 : 61,5 = 1,000 : 13,677, oder umgekehrt, wie ihre eigenthümlichen Gewichte.

Herm. Boerhaave elem. chemiae Lips. 1759. T. I. S. 166.

852.

„Die specifischen Wärmen verhalten sich umgekehrt, wie die Dichtigkeiten der einfachen Ausdehnsamen. Vergl. Syst. d. Chemie. S. 27.
Kr."

Wirkungen des Wärmestoffes auf die Körper.

Expansion der Körper durch Wärme.

§. 554. Die erste Wirkung, die wir an den der Hitze ausgesetzten Körpern wahrnehmen, ist die schon oben (§ 489.) angeführte Ausdehnung in einen größern Raum. Diese Ausdehnung ist Folge der thätigen Expansivkraft der Wärmetheilchen, durch welche die ursprüngliche Repulsionskraft der Materie der Körper in Beziehung auf die Anziehungskraft derselben vermehrt wird, so daß beyde nur dann erst wieder im Gleichgewichte sind, wenn die Materie des Körpers einen größern Raum als vorher erfüllt, folglich expandirt worden ist.

§. 555. Die Größe der Ausdehnung der Körper in der Hitze, bey gleichem Volum derselben und gleicher Intensität der mitgetheilten Hitze, richtet sich nicht nach einem Gesetze, sondern es dehnen sich expansible Flüssigkeiten stärker und schneller aus, als tropfbar flüssige; diese stärker und schneller, als feste Körper. Werkzeuge, um die Zunahmen der Ausdehnung fester Körper in der Hitze zu messen, hat man auch Pyrometer genannt. „Muschenbroek, Bouguer, Smeaton haben dergleichen angegeben; „vergl. §. 505. Anm. Kr."

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1527. Expériences faites à Quito, sur la dilatation et la contraction, qui souffrent les métaux par le chaud et le froid, par Mr. *Bouguer*; in den *Mémoires de l'acad. roy. des sc.* 1745. S. 230. *Smeaton* description of a new pyrometer; in den *philos. transact.* Vol. XLVIII. 1754 No. 79. Lambert's Pyrometrie, S. 119.

„Ueber die Ausdehnungen der Tropfbaren und der Gase vergl. außer §. 505. noch: Schmidt's Untersuchungen in Gren's neuem Journ. d. Phys. I. S. 216 ff.; de Luc über die Atmosphäre ꝛc §. 607. *Schukburgh* in den *philos. transact.* Vol. LXVII. S. 565 ff.: *le Roy* ebend. 639 f.; Saussure's Hygrometrie §. 113. *Vandermonde*, *Berthollet* und *Monge* in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1786. S. 56 ff. und de Morveau in Gren's Journal der Physik. I: S. 295 ff. *Amontons*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1702 ff. und Fischers' Lehrb. der mechan. Naturl. Berlin 1805. Cap. XXX. §. 4. Kr."

§. 556. Von der Ausdehnung fester Körper in der Hitze ist es herzuleiten, daß sich der Gang der Pendel, die Federkraft, Sprödigkeit und Zähigkeit der festen Körper durch die Temperatur ändern kann.

§. 557. Die Ausdehnung der festen Körper, als solcher, in der Hitze hat ihre Gränzen, über welche hinaus sie aufhören feste zu seyn, und durch den fortdauernden und stärkern Einfluß des Wärmestoffes sie entweder flüssig werden und schmelzen, oder sonst Veränderung ihrer Mischung erleiden und nicht mehr die vorige Natur behalten. Wenn feste Körper durch die Hitze flüchtige Bestandtheile verlieren, so können sie dadurch auch wohl sich mehr zusammenziehen; eben dieß kann auch erfolgen, wenn sie durch die Hitze in einen Grad der Zusammensinterung oder anfangenden Schmelzung kommen, und ihre körnige und mit Höhlungen versehene Textur verändern und dicht werden. Ein Beyspiel giebt das Schwinden des Thons in der Hitze.

„Vergl. §. 505. Anm. Kr."

§. 558. Ueber die Ausdehnungen tropfbarflüssiger Körper in der Hitze „haben wir bereits §. 505. an die für Merkur und Wasser geltenden Gesetze erinnert, und fügen hier nur noch hinzu, daß die Expansion verschieden gearteter (chemisch verschiedener) tropfbarer Flüssigkeiten durch die Hitze im zusammgesetzten Verhältnisse ihrer Dichtigkeit, Zähigkeit und ihres stöchiometrischen Werthes stehe. Kr."

„Nach Dalton's u. a. neuerer Physiker Bestimmungen, dehnen sich nachstehende Tropfbare, durch Erhitzung von 32° F. bis 212° F. um beystehende Theile ihres Volums aus:

Merkur	$0{,}0200 = \frac{1}{50}$
Wasser	$0{,}0466 = \frac{1}{21{,}6}$
Wasser mit Kochsalz gesättigt	$0{,}0500 = \frac{1}{20}$
Schwefelsäure	$0{,}0600 = \frac{1}{17}$
Salzsäure	$0{,}0600 = \frac{1}{17}$
Terpentinöl	$0{,}0700 = \frac{1}{14}$

Aether	$0{,}0700 = \frac{1}{14}$
Fette Oele	$0{,}0800 = \frac{1}{12{,}5}$
Alcohol	$0{,}1010 = \frac{1}{10}$
Salpetersäure	$0{,}1010 = \frac{1}{10}$

§. 559. Uebrigens erhellet aus der Dilatation der tropfbaren Flüssigkeiten in der Wärme die Nothwendigkeit, bey der Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte derselben eine gewisse Normal-Temperatur durchaus zu beobachten (§. 351.)

§. 560. Die Gränze der Ausdehnung der liquiden Stoffe, als solcher, durch die Hitze, ist da, wo sie anfangen, sich in ausdehnsame Flüssigkeiten, in Dämpfe oder Gas zu verwandeln, weil sie dann ganz andere Grade der Ausdehnung befolgen.

„Ueber die Ausdehnung der Gase §. 505. Kr."

§. 561. Durch Zunahme der Temperatur der Luft wird ihre Expansivkraft vermehrt, wie ihre Ausbreitung in einen größern Raum offenbar lehrt. Ist nun die Luft in einem Gefäße eingeschlossen, so nehmen durch Vermehrung der Wärme ihre Ausdehnsamkeit und ihr Druck auf das Hinderniß ihrer Expansion zu.

Eine mit wenig Luft erfüllte Blase schwillt in der Hitze auf.

Im Luftthermometer drückt die durch die Wärme ausgedehnte und in ihrer Ausdehnsamkeit vermehrte Luft die Flüssigkeit in die Höhe.

Im Heronsballe wird das Wasser durch erwärmte Luft zum Springen gebracht.

Die Feuerfontaine.

§. 562. Die Zunahme der Ausdehnsamkeit der eingeschlossenen Luft durch die Wärme macht, daß sie nun einer höhern Quecksilbersäule in der torricellischen Röhre das Gleichgewicht halten kann, als in der Kälte; und der Ueberschuß dieser Höhe über die, welche sie zur Zeit ihrer Einschließung im Freyen erhielt, giebt das Maaß ihrer vermehrten absoluten Ausdehnsamkeit durch Wärme an.

§. 563. Die gleichförmige Ausdehnung aller Gase durch die Wärme, verbunden mit dem Mariottischen Gesetze, zeigt, daß die Ausdehnsamkeit eines und desselben Gases, dessen Dichtigkeit sich gleich bleibt, durch die Wärme, nach eben dem Verhältnisse wachse, als es durch dieselbe bey gleichbleibendem Drucke sich in einen größern Raum ausdehnen würde (§. 498. Anm.) Kr."

§. 564. Die Gewalt, welche eingeschlossene und erhitzte Luft gegen das Hinderniß ihrer Expansion ausübt, muß durch die Zunahme der Hitze immer mehr und mehr wachsen. Vielleicht giebt es keinen denkbaren Grad von Ausspannungskraft, den sie nicht erreichen könnte. Das Wachsthum ihrer Ausdehnsamkeit in den Graden des Glühens ist bewundernswürdig groß, und groß genug, um alle Bande der Cohäsion und Schwere zu überwältigen, wie die Kraft des entzündeten Schießpulvers in Schießgewehren, beym Sprengen der Minen und des Gesteins in Bergwerken beweiset.

Versuch einer Theorie der Sprengarbeit, nebst einem Vorschlage zur Verbesserung der Kunstsätze, von Franz Baader. Freyberg und Annaberg 1792.

§. 565. Aus ähnlichen Gründen wächst auch die Druckgewalt, welche plötzlich und bey beträchtlich hoher Temperatur entbundene Gase, gegen ihre Widerstand leistende Umgränzungen ausüben. Zum Theil gehört hieher die beträchtliche Vermehrung der bewegenden Gewalt des Schießpulvers, wenn es (bei Sprengarbeiten) mit trocknem Mehle, oder Salz oder Sägespänen vor dem Abbrennen vermengt wurde. Kr."

„Hieher gehört das von dem Hüttendirector Varnhagen in Brasilien bekannt gemachte, in Brasilien übliche Verfahren, dem zu Folge das zum Besetzen der Bohrlöcher nöthige Schießpulver mit einem Theil des trocknen Mehls der Wurzeln der *Jatropha manihot*, mit bedeutendem Vortheil für die Sprengarbeit versetzt wird; (D. Gewerbsfr. III. S. 365. Meinecke's hieher gehörigen Versuchen zu Folge (a. a. O. S 366 u. ff.) wurde ein festes Gestein, wie der Thonporphyr der Giebichensteiner Steinbrüche bey Halle in Sachsen, mit dem dritten Theile der gewöhnlichen Ladung bey einem Zusatze von zwey Volumen Sägespänen und bey mäßigem Zusammendru-

den ...Gemenges sicher und gut zersprengt. — Es wirken hier 1) die schlechte Wärmeleitung der Sägespäne oder deren Stellvertreter, wodurch für das Gas jedes entzündeten Pulverkorns die Hitze länger beysammen bleibt; 2) die unvollkommne Elasticität der Späne u. und wie es scheint, auch der Zustand, in welchem sich die den Spänen adhärirende und dadurch unbewegliche und in diesem Zustande fast wie tropfbares Wasser wirkende (?) durch die Adhäsion verdichtete, atmosphärische Luft, welche den empfangenen Druck der plötzlich entbundenen, sehr heissen Gase, nach allen Richtungen um so viel mal vermehrt fortpflanzt, als ihre Aussenfläche, welche sie darbietet, verhältnißmäßig größer ist, als jene des momentan entbundenen Pulvergases (?).

Bey der Sand-, Späne-, Wasser-, Luft- u. Besetzung des Sprengschießens wirken wahrscheinlich außer der geringen Elasticität der Besetzungsmasse, auch das keilförmige Zusammentreiben der lockeren Besetzungstheilchen durch die Gewalt des Pulvergases (indem sie nicht nur stark in einander getrieben, sondern auch gegen die Wand des Bohrlochs gepreßt und so dazu gebracht werden, sich selbst zu verkeilen) und die eben bemerkten Wärmeleitungs- und Adhäsionsverhältnisse. — Vergleiche auch Jessops, Gilbert's, Prechtl's, Dietrich's, le Plat's v. Busse's Versuche und Erklärungsarten in Gilbert's Ann. LVI. S. 71 ff. LVIII. S. 207 und 555 u. ff. LIX. S. 111. Kr."

§. 566. Da also die Ausdehnsamkeit der Luft durch die Wärme wächst, so kann auch eine dünnere Luft, welche erwärmt ist, einer dichtern, aber kältern Luft das Gleichgewicht halten. Die erwärmte Luft breitet sich daher in der kältern aus, steigt in derselben empor, oder ergießt sich über diese hin.

Hierauf gründen sich

1) Die Wirkung der Wetterschächte und die Wetterwechsel in Gruben.
Lomonosow, in den *nov. comment. Petrop.* T. I. S. 287 ff. *Jars*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1768. S. 218 ff.

2) Der Zug der Luft in den Windöfen.

3) Das Emporsteigen der Montgolfieren.
Van Swinden posit. phys. T. II. S. 280 ff. *Faujas de St. Fond*. description de la machine aërostatique de Mons. *de Mongolfier*. à Paris 1784. T. I. II.

4) Die entgegengesetzten Ströme der Luft durch die geöffnete Thür eines geheitzten Zimmers.

5) Größtentheils auch die Entstehung der Winde. Kr."

§. 567. Hierauf gründet sich ferner die Methode, Gefäße mit sehr enger Mündung mit Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten leicht zu füllen. Wird nehmlich durch Erwärmung des offenen Gefäßes die darin enthaltene

Luft so viel als möglich ausgetrieben, und dann die offene Mündung des heißen Gefäßes in die Flüssigkeit gestellt, so kann die darin zurückbleibende Luft beym Abkühlen nicht mehr dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht halten, und diese treibt nun das Wasser in dasselbe hinein. Aus der Vergleichung des übrigbleibenden Raums, den jetzt die abgekühlte Luft im Gefäße noch einnimmt, mit dem Inhalte des Gefäßes, läßt sich der Grad der Verdünnung, den die Luft erlitten hatte, bestimmen.

Schmelzen und Gefrieren.

§. 568. Die Wirkung der Wärme auf feste Körper, wodurch sie in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, heißt Schmelzen (Fusio), und man sagt von einem durch die Hitze tropfbar flüssig gemachten Körper: er sey im Flusse, er schmelze, er fließe.

§. 569. Aus dem, was oben (§. 123. 130.) von dem Unterschiede zwischen festen und tropfbar-flüssigen Materien angeführt worden ist, folgt, daß die Expansivkraft des Wärmestoffes den Grund der Schmelzung enthalte, und durch seinen Beytritt zur festen Substanz das Verhältniß der ursprünglichen Grundkräfte derselben abändere und die Repulsionskraft in Beziehung auf die Anziehungskraft der Theile vermehre.

§. 570. Die Flüssigkeit aller tropfbaren Materien, die wir jetzt kennen, ist abgeleitet und Folge des Einflusses der Wärme (§. 137.).

§. 571. Bey der Verschiedenheit der Größe der Anziehungskraft der Theilchen der specifisch verschiedenen Materien unter einander und zum Wärmestoff darf es uns nicht wundern, daß einige Materien eine größere, andere eine geringere Intensität des Wärmestoffes zum Schmelzen erfordern, ja, daß es Materien geben kann, die bey allen

uns jetzt bekannten Graden der niedrigsten Temperatur unserer Atmosphäre noch liquide sind.

Streng-flüssige und leicht-flüssige Materien.

§. 572. Ueberhaupt aber folgt aus dem Vorhergehenden, mit Berücksichtigung des früher (§. 146 u. f. f.) erläuterten, daß die Schmelzbarkeit der Körper durch Wärme im zusammengesetzten umgekehrten Verhältnisse ihrer Cohärenz, Wärmeleitung und Dichtigkeit stehe. Kr."

§. 573. Manche Gemische schmelzen leichter, als die einzelnen Materien, woraus sie bestehen.

Das Schnellloth der Klempner.

Das Rosesche Metallgemisch, aus 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Bley und 1 Theil Zinn, das schon im kochenden Wasser flüssig wird.

§. 574. Neueren Beobachtungen gemäß giebt es keinen feuerfesten oder unschmelzbaren Körper, sondern bey heftigster Hitze des sogenannten Knallgasgebläses, kommen alle für sich, sonst aber doch wenigstens durch Hülfe anderer, mit denen sie sich chemisch vereinigen, im Feuer zum Schmelze. Die letztern nennt man deßwegen Flüsse, Schmelzungsmittel.

Beyspiele: Kalkerde und Thonerde sind für sich höchst streng-flüssig; schmelzen aber, wenn sie vermengt sind, in der Glühehitze.

Vermittelst eines angezündeten Gemenges aus drey Theilen gereinigtem trockenem Salpeter, zwey Theilen Schwefelblumen und zwey Theilen feinen Sägespänen kann man eine kleine feine Silbermünze in einer Nußschale schmelzen. (Baumés schneller Fluß.)

„*Newmanns* Knallgebläse; Schweigger's N. Journ. XVIII. S. 225 553. Kastner's D Gewerbsfr. III. Marcet's Schmelzgeräthschaft; Schweigger's N. Journ XV. S. 270. Kr."

§. 575. Von dem wahren Schmelzen ist das Flüssig-werden mancher Salzkrystalle, z. B. des Alauns, Vitriols, in der Hitze, zu unterscheiden, das seinen Grund in den wässerigen Theilen derselben hat, die in größerer Hitze das Salz auflösen, ungeachtet sie es in geringerer nicht können, und nach deren Verluste das Salz in der Hitze auch wieder fest wird.

§. 576. Wenn die geschmolzenen Körper einer niedrigern Temperatur ausgesetzt werden, als die ist, wobey sie zu schmelzen anfingen, so werden sie wieder fest. Man nennt dieß das Gestehen oder Gefrieren (Congelatio) Es ist Folge des Austrittes des ihren Theilen adhärirenden Wärmestoffes, und es geschieht schneller oder langsamer, theils nach der Verschiedenheit der Differenz der Temperatur des geschmolzenen Körpers und des umgebenden Mediums, theils nach der Leitungskraft des letztern für die Wärmetheilchen. Von der Krystallisirung der Theile der Körper bey diesem Gestehen oder Gefrieren ist oben (§. 142.) gehandelt worden.

§. 577. Nach der gegebenen Erklärung (§. 570.) vom Schmelzen müssen alle Körper im Flusse ein größeres Volum haben, als im Zustande der Festigkeit. Die Erfahrung bestätigt dieß auch allerdings. Die Ausnahme, welche einige Materien, wie Eis, Roheisen, Wismuth, Spiesglanz, Schwefel, zu machen scheinen, läßt sich aus der Krystallisirung ihrer Theile beym Gestehen leicht erklären.

„Wasser ist bey einer Temperatur unter $5\frac{1}{2}$° R bis 0° R. mehr ausgedehnt, als bey $5\frac{1}{2}$° R. — Dieses Mehr leitet Kastner von der Wirkung des Krystallmagnetismus ab. Vergl. dessen Einleitung in die n. Chemie. S. 279 und 294. Kr."

Bildung ausdehnsamer Dünste.

578. Eine andre und höchst merkwürdige Veränderung der Form, welche sehr viele, sowohl feste, als flüssige Körper erfahren, wenn sie der Wirkung des Wärmestoffes unterworfen werden, ist die Verwandlung derselben in ausdehnsame oder expansibele Flüssigkeit, nehmlich in Dunst (Vapor.)

§. 579. Wenn z. B. Wasser in einem gläsernen Gefäße der Hitze ausgesetzt wird, und seine Temperatur endlich einen gewissen Grad erreicht hat, so sehen wir, daß sich eine Menge Bläschen allenthalben an der Wand des Ge-

Gefäßes ansetzt, die sich nach und nach ablösen, emporsteigen und an der Oberfläche des Wassers zerplatzen. Bey zunehmender Hitze des Wassers nehmen diese Bläschen an Menge und Größe zu, so daß sie bey ihrem Emporsteigen die Durchsichtigkeit des Wassers endlich hindern. Zuletzt geräth die ganze Masse des Wassers in Bewegung, wegen der Größe und Menge der Blasen, und das Wasser wällt nun auf, kocht oder siedet. Bis zu diesem Sieden steigt die Temperatur des Wassers, wie ein hineingestelltes Thermometer zeigt. So wie es aber zum Sieden in einem offenen Gefäße gekommen ist, bleibt das Thermometer, wofern es nur den Boden oder die Wände des Gefäßes nicht berührt, in dem Wasser auf dem erhaltenen Punkte unveränderlich. Die Blasen, die im kochenden Wasser aufsteigen, sind der ausdehnsame Dunst des Wassers. Dieser Dunst ist vollkommen durchsichtig, wie die Luft, und bleibt auch beym Heraustreten aus dem Wasser unsichtbar und ausdehnsam, so lange er die dazu nöthige Wärme hat, oder nicht durch Zusammendrückung vernichtet wird. So verwandelt sich nun bey fortdauernder Hitze das Wasser nach und nach ganz in Dunst, und wird als solcher fortgeführt.

§. 580. So sind nun mehrere feste und liquide Materien fähig, bey einem angemessenen Feuersgrade in eine ausdehnsam-flüssige Materie, oder Dunst, verwandelt zu werden. Der dazu nöthige Grad der Hitze ist bey den verschiedenen Stoffen gar sehr verschieden.

Naphtha und Weingeist sieden bey geringerer Hitze, als Wasser; dieses bey geringerer, als Quecksilber. Schwefel verflüchtigt sich früher als Wismuth, Zink, Spießglanz, Arsenik. Aber auch das sonst so feuerbeständige Gold und Silber können durch die äußersten Grade der Hitze zur Verflüchtigung gebracht werden.

§. 581. Aber die Erfahrung lehrt auch: daß der Druck der atmosphärischen Luft, die über der Fläche der kochenden Flüssigkeit sich befindet, den Grad der Hitze, bey dem eine und dieselbe Flüssigkeit siedet, sehr abändere; daß

eine desto größere Hitze dazu erfordert werde, je größer dieser Druck der Luft sey; und daß einerley Flüssigkeit um so eher und bey desto geringerer Hitze siede, je geringer der Druck der Luft darauf sey. Hierauf gründet sich eben die oben (§. 506.) angeführte Berichtigung des Siedepunkts am Thermometer. In hohen Gegenden der Atmosphäre kocht daher das Wasser bey einer niedrigern Temperatur, als in niedrigern Gegenden, und im leeren Raume der Luftpumpe bey sehr mäßiger Temperatur.

„Außer der erwähnten Berichtigung muß bey der Bestimmung des Siedepunktes noch Folgendes in Betrachtung gezogen werden: 1) Die Beschaffenheit des Gefäßes. Gay Lussac wollte gefunden haben, daß das Wasser in metallenen Gefäßen um 1°,3 C. früher siede, als in gläsernen; Muncke (Gilbert's Ann. LVII. S. 214.) fand dagegen folgende Unterschiede der Temperatur des Siedens über oder unter dem Siedepunkte des 80theiligen Merkurthermometers:

In einem Gefäße aus	Bey Bewährung des Bodens durch die Thermometerkugel	Wenn die Thermometerkugel ½ Zoll unter der Oberfläche des Wassers gehalten wurde.
Silber	− 0°,10 R.	− 0°,20 R.
Platin	− 0°,10 —	− 0°,50 —
Kupfer	+ 0,40 —	+ 0,01 —
Messing	+ 0,55 —	− 0,15 —
Marmor	+ 0,05 —	− 0,15 —
Bley	+ 0,20 —	− 0,10 —
Zinn	+ 0,50 —	− 0,10 —
Porzellan	+ 0,06 —	− 0,05 —
Weißem Glase	+ 0,30 —	− 0,00 —
Grünem Glase a	+ 0,80 —	+ 0,60 —
Grünem Glase b	+ 0,50 —	+ 0,00 —
Demselben	+ 0,50 —	+ 0,10 —
Fayence	+ 0,80 —	+ 0,60 —
In einem irdenen Topf	+ 0,80 —	+ 0,20 —

Diese Unterschiede scheinen zum Theil auf der verschiedenen Wärmeleitung der Gefäßsubstanzen, vorzüglich aber auf dem Unterschiede der Wärmestrahlung ihrer Oberflächen zu beruhen. Denn

a) die Ausstrahlung der Wärme ändert sich zunächst mit der veränderten, glatteren oder rauheren ic. Beschaffenheit der Oberfläche; s. oben §. 543 Anm. — Der silberne Becher in Muncke's Versuchen hatte an einer Seite einen schwarzen, durch etwas angegriffenes Metall entstandenen Flecken, sobald die Thermometerkugel diesen Fleck berührte, zeigte das Thermometer 0°50 R., während es das

wieder auf den oben angegebenen Stand von — 0°10 zurückkehrte, wenn man die Kugel vom Flecke entfernend, sie mit der glatten Mitte des Bodens in Berührung setzte. — Bey gleicher Leitung der Gefäßsubstanz, gleichem Durchmesser derselben und gleicher Glätte ihrer Oberflächen, sollte — bey derselben Flüssigkeit der Siedepunkt bey gleicher Temperatur eintreten, wenn nicht noch ein Unterschied bewirkt würde, 3) durch die Art, wie die entstandenen Dämpfe innerhalb des siedenden Flüssigen (wo sie die Stelle der entwichenen Luft einnehmen) verdichtet werden. Die hiebey möglichen Verschiedenheiten, dürften sich auf folgende zurückführen lassen: a) verschiedene Gestalt besonders des oberen, offenen Theiles des Gefäßes oder der Gefäßmündung; je enger dieselbe ist, je langsamer werden die Dämpfe entweichen können, um so mehr werden sie auf die in der Flüssigkeit vorhandenen, ebenfalls schon gebildeten drücken, und um so mehr werden diese erhitzt werden; b) Beymengung rauher, vielflächiger und spitziger Körperchen, z. B. Sand, Glasstückchen x. Sand verminderte in Muncke's Versuchen die Hitze des Wassers und setzte den Siedepunkt desselben um einige Zehntheile eines Grades herab. Es befördern diese Körperchen das Aufsteigen der Dampfblasen, theils wegen ihrer Gestalt und häufigen Entlassung ihrer atmosphärischen Luft, vielleicht auch in Folge erregter Electricität und Wirkung der electrischen Ausströmung durch Spitzen, die zum Theil auch dazu dienen mag (vermöge gleichnamiger electrischer Ladung des Wassers und der Dämpfe) die Adhäsion des tropfbaren Wassers zum Dampfe (welche hinreicht, Blasenhüllen zu bilden) zu schwächen. Denn ohne diese Schwächung blieben in Muncke's Versuche die Dämpfe dergestalt vom Tropfbaren eingeschlossen, daß sie durch weitere Feuerung, im Gefäße ohne Sand, über den Siedepunkt erhitzt zu werden vermochten. Kr.

Hr. de Luc beobachtete dieß auf einer Reise über den Mont Cenis im J. 1762 in verschiedenen Höhen, und wiederholte diese Untersuchungen im J. 1765. auf den Gebirgen in Faucigny. Ich theile hier Resultate dieser letztern Beobachtungen mit, wobey ich die Grade des bey 27 Z. Barometerstand graduirten Thermometers auf ein solches gebracht habe, das bey 28 Z. bestimmt worden wäre.

Barometerstand.			Wärmegrade des kochenden Wassers
28 Z.	5 L.	2 Sechzehntel	80,50° R.
28 .	5 .	— .	80,29 .
28 .	2 .	4 .	80,14 .
28 .	1 .	2 .	80,05 .
27 .	11 .	— .	79,94 .
27 .	10 .	— .	79,90 .
27 .	9 .	7 .	79,84 .
27 .	6 .	7 .	79,61 .
27 .	5 .	3 .	79,55 .
27 .	— .	6 .	79,22 .
26 .	8 .	14 .	78,95 .
26 .	4 .	15 .	78,85 .
26 .	5 .	15 .	78,75 .
25 .	11 .	7 .	78,42 .
24 .	10 .	9 .	77,44 .

Barometerstand.	Wärmegrade des kochenden Wassers.
24 Z. 5 L. 15 Sechzehntel	77,04° R.
24 . 1 . 1 .	76,70 .
23 . 8 . 2 .	76,45 .
23 . 4 . 6 .	76,14 .
22 . 11 . 14 .	75,80 .
21 . 10 . 7 bis 2 .	74,74 .
20 . 4 . 15 .	73,21 .
19 . 7 . 15 .	72,50 .

De Luc Unters. über die Atmosph. Th. II. §. 857. ff.

Bey meinen unter dem Recipienten der Luftpumpe angestellten Versuchen fand ich folgende Resultate:

Barometerstand.	Siedegrade des Wassers.
24 Zoll 6,5 Lin.	67° R.
8 . —	56 bis 57 R.
7 . 8,5 .	55,5 R.
7 . — .	54 .
6 . 1 .	51,5 .
5 . 5,5 .	50,5 .
5 . 3 .	48 .
5 . 2 .	48,5 .
4 . 10 .	47 bis 47,5 R.
4 . 4 .	45,5 R.
3 . 11 .	44 .
3 . 9 .	43 .
3 . 5 .	42 .
3 . 2 .	41,25 .
3 . 1 .	40 .
2 . 11 .	39 bis 39,5 R.
2 . 9 .	38 R.
2 . 5 .	35 .
2 . 1 .	33,75 .
1 . 11 .	32 .
1 . 9 .	31 .
1 . 6 .	29,5 .

Gren's unten (§. 588.) angef. Abh.

„Auf die Veränderungen des Siedepunktes des Wassers in ihrem Zusamenhange mit den Verschiedenheiten des atmosphärischen Drucks und der Barometerhöhe, gründet sich Fahrenheit's und Cavallo's, von Wollaston verbessertes thermometrisches Barometer zum Höhenmessen, oder Vorrichtung mittelst des in verschiedenen Höhen beobachteten Siedepunktes, den Unterschied dieser Höhen zu bestimmen; vergl. Schweigger's N. Journ. f. Chem. und Phys. XXIII. S. 261 u. f. Kr."

§. 582. Der Grund von diesem veränderlichen Siedegrade des Wassers und anderer tropfbarer Flüssigkeiten ist folgender. Die Dünste haben keine Permanenz ihrer ausdehnsamen Flüssigkeit, als bey einem bestimmten Grade

der Wärme unter einem bestimmten Drucke (§. 136.). Sollen sie also als ausdehnsames Fluidum in der Luft oder unter ihrem Drucke bestehen, so müßten sie einen ihr gleichen Grad der Ausdehnsamkeit besitzen, und diesen erlangen sie nur durch einen bestimmten Grad der Wärme. Sie können sich also auch im Innern des Wassers, auf dessen Fläche die Luft drückt, nicht eher bilden, oder das Wasser kann nicht eher sieden, bis sie durch die gehörige Hitze denjenigen Grad der Ausdehnsamkeit erreichen, welcher der Ausdehnsamkeit der Luft das Gleichgewicht hält. Je weniger die Luft darauf drückt, desto geringer braucht die Ausdehnsamkeit der Dünste zu seyn, um dem Drucke der Luft das Gleichgewicht zu halten: folglich bedürfen sie auch eines desto geringern Grades der Wärme, um sich bilden zu können. — Ohne den Druck einer Atmosphäre würden wir gar kein liquides Wasser, keine Naphta und keinen Alcohol kennen; denn sie würden dann bey den Temperaturen, wobey wir leben, ausdehnsame Flüssigkeiten seyn (§. 138.)

§. 583. So lange die Dünste als ausdehnsames Fluidum bestehen, befolgen sie auch dieselbigen Gesetze des Drucks und des Gleichgewichts schwerer expansibeler Flüssigkeiten, und es gilt daher in diesem Zustande alles das von ihnen, was hiervon oben von der Luft (§. 370.) angeführt worden ist.

§. 584. Die absolute Ausdehnsamkeit der Dünste läßt sich eben so, wie die der Luft, durch die Höhe einer Quecksilbersäule messen, die in einer Barometerröhre damit im Gleichgewichte ist.

Die Beschreibung eines Elaterometers für Dünste habe ich in der unten (§. 588.) angef. Abhandl. mitgetheilt.

Muncke fand, daß die Dichtigkeit der Dämpfe gleich ist, im luftleeren wie im luftvollen Raume, bemerkte aber zugleich, daß nicht mehrerley Dämpfe neben einander, weder im lufterfüllten noch im leeren Raume bestehen können, ohne zum Theil ausgeschieden (niedergeschlagen) zu werden; Schweigger's N. Journal. XXI. S. 1 u. f. Kr''

§. 585. Die absolute Ausdehnsamkeit der in Gefäßen eingeschlossenen Dünste nimmt, wie die der eingeschlossenen Luft, durch die Wärme zu. Beobachtungen über das Wachsthum der absoluten Ausdehnsamkeit der eingeschlossenen Dünste des Wassers, durch eine bestimmte Anzahl von Wärmegraden, haben wir durch von Betancourt erhalten.

Wärmegrade der Dünste des Wassers	Absolute Ausdehnsamkeit der Wasserdünste.
10° R.	0,15 Zoll Barometerst.
20 .	0,65 . .
30 .	1,52 . .
40 .	2,92 . .
50 .	5,35 . .
60 .	9,95 . .
67 .	14,50 . .
70 .	16,90 . .
80 .	28,00 . .
90 .	46,40 . .
95 .	57,80 . .
100 .	71,80 . .
104 .	84,00 . .
110 .	98,00 . .

Mémoire sur la force expansive de la vapeur, par Mr. *de Betancourt*. à Paris 1792. 4.

Frühere, obgleich nicht so vollständige Versuche hierüber hat Herr D. Ziegler angestellt. (Specimen physico-chemicum de Digestore Papini, ejus structura et usu, primitias experimentorum novorum circa fluidorum a calore rarefactionem et vaporum elasticitatem exhibens. Aut. *Henr. Ziegler*. Basil. 1769. 4.)

„Betancourt hat die obigen Versuche gemeinschaftlich mit Prony, und zwar durch alle Grade der achtzigtheiligen Thermometerscale von 0° bis 110° angestellt. Außer der angeführten Schrift von Betancourt findet man im Journal de l'Ecole polytechnique, Cahier. 4. eine Abhandlung von Prony, worin derselbe diese Tafel vollständig, deßgleichen eine ähnliche für Weingeist, und endlich den Versuch, das Gesetz der Resultate durch Formeln darzustellen, liefert. Die vollständigen Tabellen findet man auch in Gren's neuem Journal der Physik, B. 4. S. 215. ff. Um von diesen Tabellen keinen unrichtigen Gebrauch zu machen, muß man ausdrücklich bemerken, daß sie die Kraft des ausdehnsamen Dunstes, wenn er zugleich mit tropfbarem Wasser in einem Gefäße gesperrt ist, anzeigen. Wenn Wasserdunst ohne tropfbares Wasser in einem Gefäße erhitzt wird, so nimmt nach Gay-Lussac's Versuchen, die Ausdehnsamkeit desselben gerade nur so zu, wie bey jeder permanenten Luftart, nehmlich in gleichem Verhältnisse mit den Graden des Luftthermometers. Ist aber der Dunst mit einer hinreichenden Menge von tropfbarem Wasser gesperrt, so lehrt der Anblick unserer Tabelle, daß die Menge des ausdehnsamen Dunstes mit jedem Thermometergrade in einer unge-

mein schnell steigenden Progression zunimmt: daher die gewaltige Kraft der Dünste über der Siedhitze. Wenn man den Sinn einer solchen Tabelle richtig faßt, so ist sie sehr lehrreich, sowohl in theoretischer als praktischer Rücksicht. F."

„Die Dämpfe haben stets eine ihrer bestimmten Temperatur proportionale Elasticität, welche als eine Function der Dichtigkeit betrachtet werden kann, da diese nur durch die Temperatur bedingt ist; vergl. die Anmerk. zu §. 584. Die Elasticität eines Gemisches von Luft und Dampf ist gleich der Summe der Elasticitäten beyder Gase, weniger einer geringern, mittelst Versuche schwer zu bestimmenden Größe. Wird daher in ein mit Luft gefülltes Gefäß Wasserdampf gebracht, so muß ein seiner Elasticität proportionaler Theil Luft herausgetrieben werden, und wenn das Wasser siedet, so muß alle Luft, bis auf ein Minimum entweichen; Muncke a. a. O. (Hiergegen spricht Dalton's Hypothese über die Vermengung ungleichartiger Gase — s. oben §. 151 – 158.: der zu Folge im obigen Falle gleich anfänglich ein Gemenge von erhitzter Luft und Dampf so lange aus dem Gefäße entweichen würde, bis nur noch ein Minimum von — durch Erhitzung höchst verdünnter — Luft neben dem Wasserdampfe übrig wäre.) Kr."

„Die Dichtigkeit der Dämpfe läßt sich nach Muncke (a. a. O. S. 11.) sehr gut durch die Mayersche Formel $\delta = \frac{1}{\nu} \cdot \frac{\varepsilon}{214 + t}$ ausdrücken, worin ε die Elasticität durch Merkurhöhen in Pariser Zollen, t die Temperatur nach 80theilig. Thermometerscale ausdrückt. Der Coefficient $\frac{1}{\nu}$ muß durch Erfahrung gefunden werden, und ist für den Wasserdampf nach Muncke's Versuchen

$$= 0{,}0064106984 \ldots (1 - wt).$$

Hierin ist w eine sehr kleine Größe, welche bloß bey sehr hohen und bey sehr niederen Temperaturen einen merkbaren Einfluß hat, bey mittlerer Temperatur aber füglich weggelassen werden kann. Für Alcoholdampf ist nach M. $\frac{1}{\nu} = 0{,}016$, für den Dampf des unreinen Schwefeläther's bey mittlerer Temperatur $= 0{,}0020367$ und für den Dampf des reinen Schwefeläthers $= 0{,}01793$ M. a. a. O. Kr."

„Auch die Elasticität der Dämpfe ist Muncke's u. a. zahlreichen Versuchen zu Folge am besten ausdrückbar durch die mayersche Formel, der zu Folge für den Wasserdampf mit Bestimmung der constanten Größen aus Versuchen des Professor Schmid

$$\log. \varepsilon = 4{,}2860 + \log. (215 + t) - \frac{1551{,}09}{215 + t}$$

gesetzt wird. M. a. a. O. Kr."

„Um mit Leichtigkeit bestimmen zu können, wie groß die jedesmalige Menge der in der Atmosphäre oder in einem bestimmten Raume enthaltenen Wasserdämpfe ist, dient nach Muncke (a. a. O. S. 14) folgende leichteste Art der Berechnung. Das constante Verhältniß

gegen Luft ist für einen Barometerstand von 28 Zoll bey 0° Temperatur bestimmt, mithin ist $\frac{\varepsilon}{28} \times 0{,}6582$ diejenige Größe, wodurch die Dichtigkeit des Wasserdampfs gegen Luft bestimmt werden kann. Wird dann die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft nach dem jedesmaligen Barometerstande $= b$ in par. Zollen und nach der Temperatur in R. Graden corrigirt

$$= \frac{b}{28\,(1 + 0{,}000218\ t)\ (1 + 0{,}0046875\ t')}$$

gesetzt, wobey t die Temperatur des Thermometers am Barometer, t' die des Thermometers im Freyen bedeutet, und auf die anderweitigen Correctionen als verschwindende Größen keine Rücksicht genommen; so drückt

$$0{,}023505 \,.\, \varepsilon : \frac{b}{28\,(1 + 0{,}000218\ t)\ (1 + 0{,}0046875\ t')}$$

die Verhältnißzahl der Dichtigkeit des Wasserdampfes zur atmosphärischen Luft aus, und erstere Größe von letzterer abgezogen, giebt den vorhandenen Antheil trockner Luft. In der nachstehenden von M. entworfenen Tabelle sind für die beygesetzten Temperaturen die Werthe von ε berechnet worden; die fehlenden Glieder können — ohne merklichen Fehler — durch Interpolation eingeschoben werden. (M. a. a. O. S. 14—15. Anm.)

t	ε	t	ε	t	ε
— 30°	— 0,0118	10°	— 0,478	35°	— 2,667
— 20	— 0,0345	12	— 0,555	40	— 3,616
— 15	— 0,0561	14	— 0,644	45	— 4,848
— 10	— 0,0897	16	— 0,746	50	— 6,450
— 5	— 0,140	18	— 0,860	55	— 8,442
— 3	— 0,167	20	— 0,991	60	— 10,978
0	— 0,214	22	— 1,159	65	— 14,144
2	— 0,255	24	— 1,306	70	— 18,067
4	— 0,299	26	— 1,494	80	— 28,776
6	— 0,349	28	— 1,709	90	— 44,496
8	— 0,410	30	— 1,945	100	— 66,984

„Auch aus Muncke's Versuchen (a. a. O. S. 23) geht hervor, daß im leeren Raume eine gleiche Menge Dampf bestehen kann, als im lufterfüllten, (s. oben meine erste Anmerk. zu vorstehendem §. 585.), und daß mehrere Arten von Dampf in demselben Raume mit Luft gemischt, einen kleineren Raumesumfang einnehmen, als die Summe ihrer einzelnen Raumsumfänge vor der Mischung beträgt, eine Erscheinung, die als Folge der gegenseitigen Anziehung oder vielmehr der beginnenden chemischen Verbindung zu betrachten ist, um so mehr, wenn, wie einer der Versuche Muncke's zeigte, mehr Dampf in einem luftvollen, als im luftleeren Raume aufgenommen werden kann. Kr."

§. 586. Die Gewalt, welche eingeschlossene Dünste durch die Erhitzung gegen die Hindernisse ihrer Expansion auszuüben im Stande sind, ist bewundernswürdig groß; und die Kraft des im eingeschlossenen Raume bis zum Glühen erhitzten Wasserdunstes kann gar keiner Berechnung unterworfen werden, weil es uns an Mitteln fehlt, den überaus großen Grad der Ausdehnsamkeit dieser Dünste zu messen, der wohl hinreichend ist, den bewundernswürdig großen Effect der Vulkane und der Erderschütterungen daraus abzuleiten.

Gesetzt, es ist Wasser in einem Gefäß eingeschlossen, und es würde darin mit seinen Dünsten bis 110° R., also nur 20 Grad über den gewöhnlichen Siedepunkt, erhitzt: so ist nach der vorigen Tabelle die Ausdehnsamkeit dieser Dünste schon so groß, um einer Quecksilbersäule von 98 Zoll Höhe das Gleichgewicht zu halten, oder gegen jeden Quadratfuß (paris.) Fläche der Wände des Gefäßes mit einer Kraft zu drücken, die dem senkrechten Drucke eines Gewichtes von 7758⅗ Pfund (paris.) gleich ist.

§. 587. Weil die Ausdehnsamkeit der eingeschlossenen Luft (§. 563.) und Dünste durch die Hitze zunimmt, so müssen sie auch in genau verschlossenen Gefäßen auf das Wasser, das mit eingeschlossen ist, immer mehr reagiren und drücken, je stärker sie erhitzt werden: und folglich wird auch die Hitze dieses Wassers, ehe es siedet, den gewöhnlichen Siedepunkt übersteigen (§. 581.) und wachsen; und sie würde, wenn die Gefäße es aushielten, selbst bis zum Glühegrade zunehmen können.

§. 588. Beyspiele von der Ausdehnsamkeit der Dünste und ihren Wirkungen geben:

1) Die Windkugel oder Dampfkugel (Aeolipila).

Wolfs nützl. Vers. zu genauer Erkenntn. der Nat. und Kunst, Th. I. Kap. 7.

2) Die Knallkügelchen.

3) Der papinianische Topf (Digestor *Papini*).

La manière d'amollir les os, ou de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de tems, par Mr. *Papin*. à Amsterd. 1681. 8. Versuch einer neuen Vorrichtung von Papins Digestor, von Wilke; in den schwed. Abhandl. B. XXXV. S. 5, und in Crell's neuesten Entd. Th. I. S. 88 ff.

„Papin's Digestor mit neuen Verbesserungen vom Professor Muncke; Schweigger's N. Journ für Chemie und Phys. XXIII. S. 203 u. f — Ueber englische und verschiedene deutsche Dampfküchen s. den Deutschen Gewerbsfreund. I—III. B. Kr."

4) Watt's Dampf oder Feuermaschine.

Beschreibung der wesentlichen Einrichtung der neuen Dampf- oder Feuermaschinen, nebst einer Geschichte dieser Erfindung und Bemerkungen über die absolute Elasticität der Wasserdämpfe, von F. A. C. Gren; im neuen Journ. d. Phys. B. I. S. 62 ff., u. S. 144 ff.

„Neueste Geschichte der Dampfmaschinen und Dampfmaschine aus Holz, s. Gilbert's Ann. B. XLIII. S. 102. u. LV. S. 277 — Ueber Dampfmaschinen ohne Condensator und Dampfwagen a. o. O. LIV. S. 96. 101. Ueber Zerspringen der Dampfkessel und Verhütung desselben, a. a. O. S. 92. 94. 99. 138. 147. Ueber Dampfwagen S. 142 a. a. O. Dampfboote. LIII. S. 63 70 77. 80 102. 110. 117. Schweigger's Bemerk über die neue Vervollkommnung der Dampfmaschinen durch von Reichenbach, Schweigger's N. Journ. XVIII. S. 269. Kr."

„Pfaff's Bemerk. über das Knallgebläse. a. a. O. XXII. S. 585 Kastner's gefahrloses Knallluftgebläse; D. Gewerbsfr. III. dessen Vorschlag zur Benutzung des Schießpulver's, zur Maschinenbewegung und Kommershausens darauf gestützte Vorrichtung a. a. O. IV. 1 H. Kr."

§. 589. Die absolute Ausdehnsamkeit der Dünste einer kochenden Flüssigkeit in irgend einem Siedegrade ist, so lange die Dünste diesen Grad der Hitze behalten, der absoluten Ausdehnsamkeit der Luft gleich, die auf die Fläche der siedenden Flüssigkeit drückt. Dieser Satz folgt aus §. 582., und die Erfahrung bestätigt ihn.

Gren a. a. S. 185. 187.

§. 590. Aus dem gleichzeitig beobachteten Barometerstande können wir also die absolute Ausdehnsamkeit der Dünste einer in offenen Gefäßen siedenden Flüssigkeit finden.

Reiner Alkohol kocht bey 64° R. unter einem Baromterstande von 28 Zoll; also haben die Dünste des siedenden Alkohols bey 64° eine eben so große absolute Ausdehnsamkeit, als die des Wassers bey 80°. Und wenn ferner die Dünste des Alkohols und die des Wassers eine gleiche Temperatur haben, so haben sie eine ungleiche Ausdehnsamkeit: die vom Alcohol eine größere, als die vom Wasser.

§. 591. Wir müssen in den ausdehnsamen Dünsten, als zusammengesetzten Körperarten, die Basis, oder den Stoff, der an sich nicht expansibel ist, wie im Wasserdun-

sie das Wasser, unterscheiden, und das ursprünglich pansive Wesen, nehmlich den Wärmestoff, oder na Luc das fortleitende Flüssige (Fluidum deferens), welches jene Basis zur expansibeln Flüssigkeit wird (§. 1 und durch dessen Entziehung sie aufhört, ausdehnsam sig zu seyn. Durch die Cohärenz des Wärmestoffes mi Basis des Dunstes verliert jener seine Wärme-erzeug Kraft, oder wird latent (§. 125.), wie die nähere Bet tung dieses Umstandes in der Folge lehren wird; und hieraus ist die Fixität des Siedepunktes beym bleibe Drucke der Atmosphäre zu erklären.

§. 592. Wenn die Dunstblasen, die aus dem ko den Wasser hervortreten (§. 579.), die kühlere atmosp sche Luft berühren, so werden sie durch die Erniedri ihrer Temperatur zum Theil zersetzt; ein größerer ode ringerer Theil ihrer Basis scheidet sich ab, und bildet sichtbaren Nebel oder Dampf. Diesen sichtbaren D muß man nicht mit dem unsichtbaren expansibeln W dunste verwechseln. Er besitzt keine Ausdehnsamkeit, ist nichts, als die Basis des Dunstes, die ihres expan Stoffes beraubt ist. Sie schwimmt vermöge ihrer f feinen Zertheilung und ihrer Adhäsion in der Atmosp und folgt ihrem Zuge, bis sie durch mehrere Aneinand herung ihrer Theilchen zum concreten tropfbar-flüssigen festen Stoffe zusammentritt und sich niederschlägt, ode durch neues Hinzukommen von Wärmestoff in ausdehn und unsichtbare Flüssigkeit verwandelt. Wolken sind her nicht Wasserdünste, die in der Luft schwimmen, sor das höchst fein zertheilte Wasser, welches aus dem dehnsam-Flüssigen, das es vorher bildete, bey der setzung desselben niedergeschlagen worden, und noch zum zusammenhängenden Tropfbar-Flüssigen zusamm treten ist. Hr. von Saussure schreibt diesem Nebel Bläschengestalt zu.

Versuch über die Hygrometrie, durch Horaz Bened. de Sa a. d. Franz. von J. D. T., Leipzig 1784. 8. S. 259.

„Well's Versuche über den Thau und verschiedene Erscheinungen, welche auf ihn Bezug haben; Schweigger's N. Journ. B. XXII. S. 187. Kr."

§. 593. Je niedriger die Temperatur des Dunstes wird, um desto mehr wird von demselben zersetzt; und umgekehrt. Durch Substanzen von einer niedrigern Temperatur wird nehmlich der Basis des Dunstes so lange Wärmestoff entzogen, bis in jenen eine gleiche Temperatur eingetreten ist: es kann daher nicht mehr die ganze vorige Quantität der Basis in dem Raume des Dunstes ausdehnsam bleiben; es scheidet sich also ein Antheil der Basis als Nebel ab. Es ändert sich folglich mit der Temperatur das Verhältniß der Basis des Dunstes zum Raume desselben, und dieß ist es, worauf man eigentlich den Ausdruck „Maximum der Verdunstung" beziehen sollte. Im eingeschlossenen Raume muß diesemnach die Dichtigkeit des Dunstes desto größer werden, je höher die Temperatur wird, vorausgesetzt, daß verdunstende Substanz genug da ist.

§. 594. Hieraus ist nun begreiflich, wie in allen bekannten Temperaturen der Luft Wasserdunst bestehen könne. Nur ist bey gleichem Drucke der Luft das Verhältniß der Basis zum Raume des Dunstes, oder das Maximum der Verdunstung (§. 593.), um desto kleiner, je niedriger die Temperatur der Luft ist.

§. 595. Allerdings können Dünste auch dadurch zersetzt werden, daß sie mit Materie in Berührung kommen, welche die Basis des Dunstes stärker anziehen, als sie vom Wärmestoffe angezogen wird.

§. 596. Ein drittes Mittel zur Zersetzung des Dunstes ist seine Zusammendrückung. Seine Masse kann nicht, wie in der Luft, bey bleibender Temperatur in einen engern Raum gebracht werden, ohne daß nicht ein Antheil des Dunstes zersetzt würde, um bey bleibender Temperatur das Maximum der Verdunstung (§. 593.) zu erhalten. Dieses Maximum der Verdunstung würde überschritten werden

müssen, wenn bey bleibender Temperatur sein Raum verengert werden sollte. Bey gleicher Temperatur kann also die Dichtigkeit des Dunstes nicht vermehrt werden. Bey größerem Drucke der Atmosphäre ist deßhalb eine größere Menge des latenten Wärmestoffes zur Bildung des Dunstes aus einerley Quantität der Basis desselben nöthig, als bey einem geringern Drucke. Was hier von dem Drucke der Atmosphäre gesagt ist, gilt auch von dem Drucke des Dunstes durch seine Ausdehnsamkeit in verschlossenen Gefäßen gegen sich selbst.

Aus dem Angeführten erklärt sich die Entstehung des Nebels unter dem Recipienten der Luftpumpe, wenn man wieder Luft hinzuläßt, nachdem vorher in der verdünnten Luft Verdunstung vorgegangen war.

§. 597. Die Luft trägt zur Erzeugung der Dünste nichts bey. Sie ist vielmehr durch ihren Druck der Dunstbildung hinderlich, und es bedarf deßhalb, ohne den Druck der Atmosphäre, weit weniger absoluter Quantität von Wärmestoff, um eine und dieselbige Quantität von Basis dunstförmig zu machen, als bey ihrem Drucke (§. 581.).

§. 598. Ueberhaupt bedarf es gar nicht der Auflösung des Wassers in der Luft, um sich die Phänomene der Verdunstung des Wassers zu erklären, und darauf einen Unterschied zwischen wirklicher Verdunstung (Evaporatio), d. i., Verflüchtigung des Wassers durch bloße Wärme, und Ausdünstung (Exhalatio), d. i., Verflüchtigung des Wassers durch eine auflösende Kraft der Luft, zu begründen. Jede Ausdünstung ist vielmehr eine wahre Verdunstung, die bey einer niedrigern Temperatur der Luft nur deßwegen langsamer und in geringerer Menge Statt findet, weil dann eine geringere Quantität des Wärmestoffes zugegen ist, der durch seine Cohärenz mit der Basis diese dunstförmig machen muß. Bey der Ausdünstung geschieht die Verdunstung nur an der Oberfläche, beym Sieden auch im Innern der Flüssigkeit. Die Gründe für die Auflösung des Wassers in der Luft und die dadurch bewirkte Ausdünstung hat Herr de Luc umständlich und gründlich

legt. Ich werde in der Folge beym Wasser auf diesen
nstand wieder zurückkommen.

'e Luc nouvelles idées sur la météorologie, T. I. II. à Lon-
1786. 8. J. A. Luc neue Ideen über die Meteorologie, a. dem
z. Th. I. II. Berlin und Stettin, 1787 1788. 8. Zweyter
ef des Herrn de Luc an Herrn de la Metherie, über die Wärme,
Schmelzen und die Verdunstung; in Gren's Journ. d. Physik.
II. S. 420. Dritter Brief des Herrn de Luc, über die Dämpfe,
uftförmigen Flüssigkeiten und die atmosphärische Luft; ebendas.
III. S. 152. Ebendesselben Prüfung einer Abhandlung des Hrn.
nge über die Ursach der hauptsächlichsten Phänomene der Meteo-
gie; in Gren's Journ. d. Phys. B. VI. S. 121.

1 den hauptsächlichsten Vertheidigern der Auflösung des Wassers in
Luft, als Ursach der Ausdünstung, gehören: Herr Le Roi (Mé-
re sur l'élévation et la suspension de l'eau dans l'air; in den
noires de l'acad. roy. des sc. de Paris, 1751. S. 481.), und
Hube (über die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmo-
re, Leipzig 1790. 8.)

„Zur Entstehung des ausdehnsamen Wasserdunstes ist allerdings
ne auflösende Kraft der Luft nicht nöthig, denn sonst könnte er
cht im luftleeren Raume entstehen; aber zu der Entstehung einer
eichförmigen Mischung des Dunstes mit der Luft ist sie schlechter-
nas nothwendig. Der Verfasser berührt diesen Umstand weder hier,
ch unten §. 941 ff.; auch hat meines Wissens de Luc die Sache
e von dieser Seite angesehen. In der That kann man auch erst
zt zu hinlänglich bestimmten Begriffen über Gegenstände dieser Art
langen, seitdem uns Berthollet in seinen vortrefflichen Recher-
es sur les loix de l'affinité (Ueber die Gesetze der Verwandt-
aft, Berlin 1802.) und in seinem Essai de Statique chimique
vovon die Uebersetzung im Kurzen erscheint), bestimmtere und deut-
here Begriffe über die Kräfte gegeben hat, welche bey den chemi-
en Erscheinungen wirksam sind. Daß zwischen Luft und Wasser
erwandtschaft herrsche, ist schon daraus klar, daß das Wasser alle-
t in Berührung mit Luft eine gewisse, wenn auch kleine Menge
rselben in sich aufnimmt. Noch sichtbarer aber beweiset dieß die
ntstehung einer gleichförmigen Mischung von Luft und Dunst, und
e große Schwierigkeit, selbst durch die kräftigsten Reagentien der
ft alles Wasser zu entziehen. Wäre zwischen beyden Stoffen keine
erwandtschaft (d. h., keine Neigung, sich zu vereinigen, sich zu
schen, sich zu durchdringen), so könnte nur ein mechanisches Ge-
nge entstehen. Da aber Luft und Wasserdunst im specifischen Ge-
chte wirklich von einander verschieden sind, so könnte sich ein sol-
s Gemenge nur durch Schütteln erhalten; sobald man es hinge-
n der Ruhe überließe, müßten sich beyde Stoffe trennen, der leich-
e in die Höhe steigen, und der schwerere sinken, welches gegen
e Erfahrung ist. Man muß daher allerdings die Verbindung des
sdehnsamen Wasserdrucks mit der Luft als eine wahre Auflösung
selben in der Luft ansehen. G."

„Kastner's Vorschlag durch Verdünnung der Luft im Destillirge-
e die Destillation zu erleichtern und Kommershausen's hieher ge-
rige Verrichtung; D. Gewerbsfr. III. 1 H. u. 12 H. Kr."

§. 599. Auf die Zersetzung der Dünste durch Abkühlung oder Erniedrigung ihrer Temperatur gründen sich übrigens:

1) Die Operation des Destillirens (Destillatio) und des Sublimirens in der Chemie;

2) Wilken's und Berretray's Luftpumpen durch Wasserdünste.

Wilke, in den schwedischen Abhandl. 1769. B. XXXI. S. 51 ff. Beschreibung von des Herrn Abbé Cajet. Berretray Luftpumpe; in Grens Journ. d. Phys. B. VI. S. 86 ff.

§. 600. Eine Substanz dem Einflusse des Wärmestoffes aussetzen, um sie in expansible Flüssigkeit überhaupt, es sey in Dunst oder in Gas zu verwandeln, heißt sie verflüchtigen. Materien, die sich durch die Hitze in expansible Flüssigkeiten verwandeln lassen, nennt man flüchtig (Corpora volatilia), und setzt ihnen die feuerbeständigen (Corpora fixa) entgegen, welche der Verflüchtigung im Feuer widerstehen. Diese Ausdrücke sind indessen nur relativ, und es ist keine Materie absolut feuerbeständig zu nennen (§. 574.). Viele Stoffe, die in unserer stärksten Hitze feuerbeständig erscheinen, können durch Hülfe anderer flüchtiger Substanzen, mit denen sie sich chemisch verbinden, flüchtig werden. Man nennt dieß eine Mitverflüchtigung.

Beyspiele der Mitverflüchtigung giebt die Kieselerde mit Flußsäure; des Eisens durch Salzsäure; des Kupfers durch ebendieselbe; der Kohle durch Oxygen.

Gasbildung.

§. 601. Mehrere Materien werden durch den Wärmestoff in ausdehnsame Flüssigkeiten, die nicht, wie die Dünste, durch Erniedrigung der Temperatur oder durch Zusammenpressung ihre ausdehnsame Form verlieren, also in Luft oder Gas (§. 136.) verwandelt, wovon in der Folge mehrere Beyspiele vorkommen werden.

„Man sieht es ziemlich allgemein als eine fast erwiesene Hypothese an, daß eine permanente Luftart nichts sey, als die Verbindung einer ponderabeln Basis mit (gebundenem) Wärmestoff. Es ist den Fortschritten einer Wissenschaft jederzeit nachtheilig, wenn man eine Hypothese zu früh als eine erwiesene Wahrheit betrachtet. Ein Umstand scheint mir hierbey der Aufmerksamkeit aller Naturforscher bisher entgangen zu seyn. Es giebt nehmlich zwar sehr viele Stoffe, welche durch bloße Einwirkung der Wärme in ausdehnsame Dünste verwandelt werden können; aber man kann nicht einen einzigen Stoff nennen, der bloß durch eine Einwirkung der Wärme permanent ausdehnsam würde. Bey jeder Luftentbindung findet ohne Ausnahme entweder eine Zersetzung, oder eine Zusammensetzung, oder beydes Statt. Wenn man Oxygenluft entbindet, so zersetzt man ein Metalloxyd, oder eine Säure; wenn man Hydrogenluft entbindet, so zersetzt man Wasser; wenn man kohlensaure Luft entbindet, so setzt man Kohle mit Oxygen zusammen u. s. f. Die Erscheinungen der Voltaischen Säule beweisen fast unwidersprechlich, daß bey Luftentbindungen die Elektricität eine Rolle spiele; und wer mag wissen, wie viele unwägbare und nicht wahrnehmbare Materien existiren mögen, die vielleicht bey allen Zusammensetzungen und Zersetzungen eine Rolle spielen? Thatsachen und ihre Gesetze sind der einzige feste Stab, auf den sich der Naturforscher stützen kann; mit Hypothesen muß er immer nur behutsam und schüchtern umgehen. F."

§. 602. Diese Gasarten bestehen auch, wie die Dünste, aus einer Basis, die ihren ponderabeln Antheil ausmacht, und aus dem Wärmestoffe, der jene ausdehnsam-flüssig macht. Die Ursache ihres Unterschiedes von den Dünsten liegt in der Art und Weise der Verbindung beyder Bestandtheile, die bey den Gasarten sich wechselseitig aufgelöset haben, bey den Dünsten hingegen nur zusammenhängen.

§. 603. Daß der Wärmestoff die Ursach von der Bildung der Gasarten und ihrer ausdehnsamen Form sey, erhellet daraus: daß zur Bildung eines jeden Gas Wärmestoff nöthig ist: daß durch die Zersetzung eines Gas Wärmestoff entwickelt wird; und daß die Basis des zersetzten Gas so viel wiegt, als das Gas selbst.

§. 604. Alle Materien, welche luftförmig werden können, werden es schon in jeder Temperatur, die wir kennen, so bald sie von andern Materien getrennt werden, mit denen sie vorher verbunden waren. Deßhalb können wir eigentlich

gentlich die Grundlage keiner einzigen Gasart für sich d
stellen, sondern wir kennen sie nur entweder in Verbind
mit dem Wärmestoffe als Gas, oder in Verbindung
andern Materien, mit denen sie im liquiden oder festen Z
stande sind.

„Wenn man die Basis einer Luftart deßwegen nicht darstel
nennt, weil sie mit Wärmestoff verbunden ist, so müßte man,
consequent zu bleiben, auch sagen, daß sich die Darstellbarkeit ke
einzigen ponderabeln Stoffes mit Sicherheit behaupten lasse: d
ich möchte wohl wissen, von welchem Körper man mit Sicher
behaupten könne, daß er keinen gebundenen Wärmestoff entha
Will man ja in irgend einem Falle von einem Stoffe, der sich
len, sperren, wägen und messen läßt, sagen, er sey nichtdars
bar (was eigentlich nur von der nichtwahrnehmbaren Materie
sagt werden sollte), so sollte man sich wenigstens so ausdrücken:
Basis einer Luftart sey nicht in Gestalt eines festen oder trop
ren Stoffes darstellbar: aber dargestellt, und zwar ganz r
und von aller Beymischung jedes andern wahrnehmbaren St
frey dargestellt, ist gewiß das Oxygen in ganz reiner Oxygen
u. s. f. F."

§. 605. Alle Gasarten werden nur dadurch zerse
daß andere Materien ihre Grundlage stärker anziehen,
diese vom Wärmestoff angezogen wird; nicht umgeke
durch Entziehung ihres Wärmestoffes vermittelst and
Materien, sonst würde die Grundlage der Gasarten
sich darstellbar seyn.

„Wenn Euchloringas erhitzt wird, so zerfällt es unter Explo
in Chloringas und Sauerstoffgas, der Grund dieser und ähnli
Zersetzungen scheint in der durch die Hitze bewirkten gleichnam
Elektrisirung und daraus entspringenden Abstoßung der zuvor
bundenen Stoffe gegeben zu seyn. Kr."

§. 606. Man erhält diese luftförmigen Stoffe
eine mannigfaltige Weise aus sehr verschiedenen Substan
theils bey Auflösungen, — und das Aufbrausen (Ef
vescentia), das man bey manchen Auflösungen gewahr n
(§. 190.), rührt eben von der schnellen Entwickelung l
förmiger Stoffe her, — theils bey der Zersetzung derse
durch Feuer, Gährung oder Fäulniß.

§. 607. Alle diese Gasarten sind in den festen
liquiden Körpern, aus denen man sie erhält, vorher
als ausdehnsame, aber comprimirte Flüssigkeit zugegen

wesen; sondern ihre Grundlage war nur darin, die aber bey ihrer Trennung sogleich durch Verbindung mit dem Wärmestoff gasförmig wird.

§. 608. Die so wichtigen und interessanten Entdeckungen dieser Luftarten haben eigene Werkzeuge nöthig gemacht, um sie bey der Zerlegung der Körper durch Auflösung oder Feuer, wobey sie zum Vorscheine kommen, bequem aufzufangen und ohne Vermischung mit atmosphärischer Luft zu erhalten. Man begreift diese Werkzeuge unter dem Namen des pneumatisch-chemischen Apparats (Apparatus pneumato-chemicus).

§. 609. Jede luftförmige Flüssigkeit ist stets specifisch leichter, als irgend eine tropfbare Flüssigkeit, und steigt in dieser aufwärts. Hierauf gründet sich das Wesentlichste beym pneumatisch-chemischen Apparate. Das erste Stück ist eine ovale Wanne von Holz oder verzinntem Kupfer, worin einige Zoll unter dem Rande ein Gesimse waagerecht angebracht ist. In diesem Gesimse befinden sich einige kurzhälsige Trichter neben einander, so daß ihre weitere Mündung dem Boden der Wanne zugekehrt ist. Die Wanne wird so weit mit Wasser angefüllt, daß dasselbe das Gesimse ohngefähr einige Zoll hoch bedeckt. Das Gesimse selbst dient nun dazu, daß die mit Wasser gefüllten umgekehrten Gläser und Vorlagen mit ihren Mündungen auf die Löcher gestellt werden können, durch welche vermittelst der Trichter die Luftblasen in diese Vorlagen geleitet werden sollen.

§. 610. Da aber einige Luftarten bey der Berührung des Wassers davon zersetzt werden, ihren luftförmigen Zustand verlieren, und damit zur tropfbaren Flüssigkeit werden; so ist diese Vorrichtung (§. 609.) nicht anwendbar, und man muß daher das Quecksilber zum Sperren anwenden. Der Preis und die Schwere des Quecksilbers machen freylich, daß man diesen Quecksilberapparat kleiner machen muß, dessen Einrichtung aber im Grunde dem vorigen

ähnlich ist. Zur Wanne dient entweder recht dicht zusammengefugtes Holz oder Eisenblech; auch Glas oder Porzellan.

Grens Beschreibung eines Quecksilberapparats, im Journ. d. Phys. B. I. S. 201.

§. 611. Zur Entbindung der Gasarten selbst, die man durch Destillation oder Auflösung gewisser Stoffe erhält, dienen allerley Retorten, gläserne oder irdene, die man mit den zu zerlegenden Stoffen ins Sandbad, oder beschlagen in freyes Feuer legt. An die Mündung der Retorte kittet man nach Beschaffenheit der Umstände eine bleyerne oder gläserne Röhre, deren untere Oeffnung unter den Trichter der mit Wasser oder Quecksilber gefüllten Wanne gesteckt wird. Wenn sich dabey zugleich solche Dämpfe oder Dünste erheben, die das Metall angreifen würden, so dienen gläserne Tubulatretorten mit einem am untern Ende nach oben gekrümmten langen Halse. Um die dabey zu gleicher Zeit in Dunstgestalt übergehenden Substanzen als tropfbare Flüssigkeit durch Abkühlung besonders aufzufangen, dient eine sogenannte Mittelflasche und der sinnreiche Destillirapparat des Herrn Lavoisier. Zur Entwickelung luftförmiger Stoffe bey den Auflösungen, die keine äußere Hitze erfordern, wird besonders die Entbindungsflasche gebraucht. Zu Vorlagen, in welche die durch das Wasser oder Quecksilber gehenden Gasarten treten, dienen gläserne Cylinder mit eingeriebenen Stöpseln oder ohne dergleichen, oder Glasflaschen; noch bequemer Glaskugeln, mit einem oder zwey Hälsen, um theils den Hals der Retorte, theils eine gekrümmte Luftentbindungsröhre daran zu befestigen. Um einige Gasarten, die sich nur langsam in dem Wasser auflösen lassen, bequem damit in Verbindung zu bringen, ist vorzüglich die Parkersche Glasgeräthschaft anwendbar.

Die bey der Entbindung und Auffammlung dieser Luftarten nothwendigen Handgriffe werden in den Vorlesungen selbst gezeigt.

Grens system. Handb. der Chemie, zweyte Ausg. Th. I. §. 157. ff. Beschreibung eines Glasgeräthes von J. H. Magellan, a. d. Engl.

von G. L. Wenzel; Dresden 1780. 8. *Lavoisier* Traité élémentaire de chimie, T. II. S. 451 ff. Lavoisier System der antiphlogistischen Chimie, übers. von Hermbstädt; 2. Aufl. Berlin 1805.

„Ueber die verschiedenen, bey Versuchen mit Gasen nöthigen Geräthe, Berücksichtigungen und Handgriffe vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie S. 128. ff. Kr."

Fixirter Wärmestoff.

§. 612. Es sey eine Masse gestoßenes Eis oder Schnee in einem Gefäße so weit erkaltet, daß ein hineingestelltes Thermometer 10 Gr. Fahrenh. zeige. Man bringe das Gefäß in ein geheiztes Zimmer, so daß die kalte Masse nun einem beständigen gleichförmigen Wärmestrome ausgesetzt sey. Das Thermometer darin wird nun bis 32 Gr. steigen, aber hier stillstehen, wenn auch gleich der Wärmestrom, der dem Eise zufließt, der nehmliche bleibt. Die Temperatur des Eises steigt nun nicht höher, so viel Wärmetheilchen ihm auch zugeführt werden; aber es schmilzt nach und nach, und erst dann, wenn dieß geschehen ist, steigt das Thermometer allmählig höher. Erhitzt man das nunmehr tropfbar-flüssige Wasser in dem Gefäße über dem Feuer noch stärker, so gelangt das Thermometer endlich an den Siedepunkt, wenn das Wasser zum Kochen gekommen ist; aber nun tritt wieder der Stillstand desselben ein, und es steigt nicht höher, der dem Wasser zugeführte Wärmestoff mag noch so groß seyn, so lange nur das Wasser das Thermometer umgiebt. — Oder man vermische ein Pfund Schnee, dessen Temperatur 32 Gr. Fahr. ist, mit einem Pfunde Wasser von 120 Gr. Nach der Richmannschen Regel (§. 547.) sollte die Temperatur des Gemisches 76 Gr. werden; sie bleibt aber 32 Gr., und ein Theil Schnee wird geschmolzen. Man vermenge ferner 8 Theile Eisenfeil von 300° Fahrenh. mit einem Theile Wasser von 212°. Die Temperatur des Gemenges wird nicht $290\frac{2}{9}$° werden, sondern 212° bleiben, und ein Theil Wasser wird plötzlich verdampfen.

§. 613. Der auf das Eis wirkende Wärmestrom erhöhet also die Temperatur des Eises eben so wenig über den Gefrierpunkt, als der auf das tropfbar-flüssige Wasser wirkende es über den Siedepunkt erhitzen kann. Die Wirkung der Wärmetheilchen auf das Eis schränkt sich also darauf ein, die Form oder den Aggregatzustand des Eises zu verändern und dasselbe in tropfbar-flüssiges Wasser zu verwandeln, so wie die Wirkung derselben auf das tropfbar-flüssige Wasser bey der Siedehitze ebenfalls sich darauf einschränkt, es in Dampf zu verwandeln. So lange diese Verwandlung dauert, bleibt das Thermometer im ersten Falle auf dem Gefrierpunkte, im andern auf dem Siedepunkte unverändert stehen.

§. 614. Da die dem schmelzenden Eise oder dem siedenden Wasser mitgetheilte Wärmematerie also keine höhere Temperatur, keine vermehrte Wirkung auf unser Gefühl oder aufs Thermometer darin hervorbringt, sondern ihre thermometrische und erwärmende Kraft dadurch ganz verliert, daß sie das feste Wasser in tropfbar-flüssiges, oder dieses in Dampf verwandelt: so nennt man sie deßwegen unmerkbaren, verborgenen, fixirten, gebundenen Wärmestoff (§. 521.). Die Quantität der Wärmetheilchen nehmlich, die zur Aenderung des Aggregatzustandes des festen Wassers in liquides, oder des liquiden in dampfförmiges verwendet werden muß, muß für das Thermometer und das Gefühl verloren gehen; und in der That kommt sie auch wieder als freye Wärmematerie zum Vorschein, wenn der Dampf des Wassers zum tropfbar-flüssigen Wasser durch Zusammendrückung, oder das flüssige Wasser plötzlich zum Gefrieren gebracht wird, wie dieß die Folge lehren wird. Jene Veränderungen der Form der Materie können nicht erfolgen, ohne daß nicht durch die Anziehungskräfte zwischen dem Wärmestoff und andern Materien das Verhältniß der wechselseitigen Repulsions- und Anziehungskräfte abgeändert würde, und der Wärmestoff seine sogenannte Strahlung verliert und gewissermaßen gefesselt wird.

„Lavoisier und Laplace versuchten es mit Hülfe ihres Eisapparats oder Calorimeters die Menge der Wärme zu bestimmen, welche während der Verbrennungen verschiedener brennbarer Materien entbunden wird; Dalton bediente sich in gleicher Absicht einer noch bequemeren und zuverlässigern Vorrichtung; vergl. meine Einleitung in d. n. Chem. S. 182 u. ff. Die Ergebnisse enthält folgende Tabelle:

1 Pfund	verbrennt durch Pfunde Sauerstoffgas	schmolz Pfunde Eis
Wasserstoffgas	7	400
Kohlenwasserstoffgas.	4	85
Wachs oder Oel oder Talg	5,5	104
Aether	5	62
Holzkohle		40
Schwefel	2,8	20
Phosphor	1,5	66

H. Davy's Beobachtungen gemäß scheinen beym Verbrennen frey werdende Luft- und Wärmemengen im entgegengesetzten Verhältniß zu stehen; z. B. Phosphor leuchtet verbrennend stark, während er wenig hitzt; Wasserstoff leuchtet hingegen beym Verbrennen wenig, entwickelt dagegen die meiste Wärme. — Mehrere von demselben Naturforscher angestellte Untersuchungen über Flamme, und frühere des Prof. Th. von Grotthuß, leiteten zu der Entdeckung, daß das Verbrennen der Knallluft (bestehend aus 1 Maaß Sauerstoffgas und 2 Maaß Wasserstoffgas) durch sehr enge Oeffnungen sich nicht fortpflanze, und indem der Mechanikus *Newmann* in London hierauf die Erfindung seines verbesserten Sauerstoffgasgebläses und Löthrohrs gründete (§. 574.), erfand H. Davy durch dieselbe Entdeckung geleitet seine Sicherheits- oder Grubenlampe, d. i., eine Lampe, die von einem freyen Metallnetz umgeben, durch die Feinheit der Oeffnungen dieses Netzes die Fortpflanzung des Entflammungsprocesses außerhalb des Netzes, z. B. in brennbare Luft oder entzündliche Schwaden enthaltenden Umgebungen verhütet; vergl. Schweigger's N. Journ. XX. S. 135. Der Deutsche Gewerbsfr. B. II. und Scherer's Nord. Archiv. III. H. Kr."

„Wickelt man einen Platindrath von $\frac{1}{100}$ engl. Zoll Durchmesser um den Docht einer Weingeistlampe, so daß ein Theil darüber hervorragt, zündet hierauf den Docht an, läßt ihn brennen, bis der Drath rothglüht, und löscht ihn dann aus, so leuchtet der Drath — die langsame Abbrennung des Gemisches aus Alcoholdunst und atmosphärischer Luft vermittelnd und durch schlechte Wärmeleitung seiner selbst, wie seiner Umgebung nicht erkaltend — bey Anwendung einer Drachme Weingeist noch 7 Stunden fort, so stark, daß man Feuerschwamm daran entzünden und die Stunde einer Uhr beobachten kann, und stellt so dar: eine Lampe ohne Flamme. Schweigger's N. Journ. XXI. S. 297. Kr."

§. 615. Man muß aber den fixirten Wärmestoff in doppelter Hinsicht unterscheiden: als adhärirenden, und

als chemisch-gebundenen. Die erstere Art der Fixirung findet bey der Schmelzung fester Materien, und dann bey der Verwandlung in Dunst Statt; die letztere hingegen bey der Gasbildung. Den erstern ist jeder Körper von einer niedrigern Temperatur zu entziehen vermögend; den letztern hingegen nicht.

§. 616. Ist auch der Wärmestoff, der bloß die Dilatation der thermoskopischen Substanz bewirkt, unmerkbar oder fixirt zu nennen, und noch vom freyen Wärmestoffe zu unterscheiden? Oder ist zwischen dem sogenannten strahlenden Wärmestoffe und dem durch andere Materien fortgepflanzten (*Feu propagé* des Pictet, oder *Feu géné* des Prevost) noch zu unterscheiden? Mir scheint dieser Unterschied nicht zulässig, eben weil wir den Wärmestoff nur frey nennen, der auf die thermoskopische Substanz durch Dilatation wirkt. Wenn sich ferner der Wärmestoff nur durch die Anziehungskräfte anderer Materien gegen ihn, nicht durch eigenthümliche Repulsionskraft, fortpflanzte und verbreitete: so würde die torricellische Leere wärmeleer oder absolut kalt seyn müssen, und durch sie hindurch würde ein Körper nicht erhitzt werden können, wogegen doch die Erfahrungen streiten. Auch die torricellische Leere ist kein eigentliches Vacuum, sondern stets mit dichterm oder dünnerm Wärmestoffe erfüllt, nach Verhältniß der Temperatur der umgebenden Mittel.

„Vergl. hiemit §. 545. Tr."

§. 617. Der Wärmestoff, der bey der Bildung liquider und ausdehnsam-flüssiger Materien fixirt wird, muß natürlicher Weise wieder als freyer oder sensibeler Wärmestoff zum Vorschein kommen und Temperaturerhöhung hervorbringen, wenn ausdehnsam-flüssige Körper wieder zu tropfbarflüssigen oder festen, oder tropfbar-flüssige wieder zu festen werden; so wie hinwiederum Temperaturerniedrigung oder Kälte entstehen muß, wenn feste Körper bey ihrem Schmelzen, oder feste und liquide bey ihrem Uebergan-

ge zu ausdehnsam-flüssigen Materien den berührenden Stoffen den dazu nöthigen Wärmestoff entziehen. Es lassen sich hierüber folgende Gesetze festsetzen.

Gren's Uebersicht der Gesetze, nach welchen sich die Capacität der Körper gegen den Wärmestoff bey Veränderung der Form ihrer Aggregation richtet, und welche zur Erklärung vieler hierher gehörigen Phänomene dienen können; im Journ. d. Phys., B. II. S. 24 ff.

§. 618. I. **Der freye Wärmestoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen.**

§. 619. Hieraus erklärt sich:

1) Die Fixität des Gefrierpunktes im schmelzenden Schnee oder Eise (§. 612.)

De Luc Unters. über die Atmosph. Th. I. §. 438. e—g; desselben neue Ideen über die Meteorologie, §. 179.

2) Der Versuch des Hrn. Wilke mit Schnee und warmem Wasser (§. 612.). Ein Pf. Schnee von 32 Gr. F. mit 1 Pfund heißen Wassers von 162 Gr. F. giebt eine Temperatur von 32 Gr. Der Schnee wird völlig geschmolzen. Wenn das Wasser über 162 Gr. heiß ist, so vertheilt sich bloß der Ueberschuß über 162 Gr. gleichförmig unter das entstandene Wasser. Die Menge der vom Schnee verschluckten Wärme ist also 130 Gr.; nach Hrn. Black 140 Gr.

Wilke, in den schwed. Abhandl. J. 1772. B. XXXIV. S. 95; und in den neuen schwed. Abhandl. J. 1782. Th. II. Crawford Vers. und Beob. S. 56 ff. De Luc neue Ideen über die Met. §. 211.

§. 620. 3) Die Erkältung bey der Auflösung krystallinischer Salze in Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten. Man bringe ein Luftthermometer ohne Gestell in ein Glas mit Wasser, ertheile ihm die Temperatur des Wassers und merke den Stand desselben. Man schütte dann von fein gepülvertem Salmiak oder Salpeter hinzu, und rühre alles mit einer Glasröhre wohl um. So wie die Auflösung des Salzes anhebt, fängt auch gleich das Ther-

meter zu sinken an, und sinkt um desto schneller, je schneller das Salz aufgelöst wird. — Noch stärker wird die Erkältung, wenn man fein gepülvertes krystallinisches Glaubersalz in Salpetersäure auflöst.

Nach den neuern Versuchen von Walker zeigten sich folgende Mischungen sehr wirksam zur Hervorbingung künstlicher Kälte. Die Temperatur der Materialien war 50° Fahr.

Salze.	Flüssigkeiten.	Hervorgebrachte Temperatur.
Salmiak 5 Th. Salpeter 5 Th.	Wasser 16 Th.	+ 10° Fahr.
Salmiak 5 Th. Salpeter 5 Th. Glaubersalz 8 Th.	Wasser 16 Th.	+ 4°
Salpetersaures Ammonium 1 Th.	Wasser 1 Th.	+ 4°
Salpetersaures Ammonium 1 Th. Sodesalz 1 Th.	Wasser 1 Th.	− 7°
Glaubersalz 5 Th.	Verdünnte Salpetersäure 2 Th.	− 3°
Glaubersalz 6 Th. Salmiak 4 Th. Salpeter 2 Th.	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	− 10°
Glaubersalz 6 Th. Salpetersaures Ammonium 5 Th.	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	− 14°
Phosphorsaures Natrum 9 Th.	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	− 12°
Phosphorsaures Natrum 9 Th. Salpetersaures Ammonium 6 Th.	Verdünnte Salpetersäure 4 Th.	− 21°
Glaubersalz 8 Th.	Salzsäure 5 Th.	0°
Glaubersalz 5 Th.	Verdünnte Schwefelsäure 4 Th.	+ 3°

Die verdünnte Salpetersäure bestand aus 2 Th. rauchender Salpetersäure und 1 Th. destillirten Wassers; die verdünnte Schwefelsäure aus gleichen Theilen Vitriolöl und Wasser.

Beobachtungen über die beste Methode, künstlicherweise Kälte hervorzubringen, von Richard Walker; in Gren's neuem Journ der Phys. B. III. S. 458 ff.

Herr Lowitz fand besonders das krystallinische ätzende Kali und die salzsaure Kalkerde zur Hervorbringung von Kälte bey der Auflösung

in Wasser sehr wirksam. Jenes bewirkte mit gleichen Theilen Wasser von + 15° R. eine Kälte von ½ ° R., und 4 Theile desselben mit 1 Th. Wasser von ½ ° R. erregten eine Kälte von — 7° R. Dieses zu 5 Theilen gegen 2 Theile Wasser von + 2° R. gab eine Kälte von —15°.

Versuche über die Hervorbringung künstlicher Kälte, von Herrn Lowitz; in Crell's chem. Annalen 1796. B. I. S. 529 ff.

§. 621. 4) Die noch stärkere Erkältung beym Schmelzen des Schnees oder gestoßenen Eises mit krystallinischen Salzen und mit Salpetersäure. Weil im erstern Falle zwey feste Substanzen zugleich in die Form der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, so muß auch ihre vereinigte Wirkung stärker ausfallen, als jeder einzelnen. Uebrigens hat Herr Blagden sehr schön gezeigt, daß die größeste Kälte, die durch jedes Salz mit Schnee oder Eis beym Schmelzen hervorgebracht werden kann, diejenige ist, bey welcher eine gesättigte Auflösung eben dieses Salzes gefriert: denn nun fällt die Ursache der Erkältung weg. Durch dergleichen kaltmachende Mischungen ist es möglich, selbst im Sommer den Gefrierpunkt des Quecksilbers zu erreichen.

Blagden Versuche über das Vermögen verschiedener Substanzen, den Gefrierpunkt des Wassers tiefer herabzubringen; in Gren's Journ. d. Phys. B. I. S. 389.

Versuche über die Hervorbringung einer künstlichen Kälte, von Rich. Walker; in Gren's neuem Journ. d. Phys. B. I. S. 419. Ebend. Vers. über das Gefrieren des Quecksilbers, ebendas. B. II. S. 558. Ebendesselben vorher (§. 620.) angef. Abh. Lowitzen's (§. 620.) angef. Abh.

Herr Walker (a. a. O.) fand, daß eine Mischung von 12 Theilen Schnee oder gestoßenen Eises, 5 Theilen Kochsalz und 5 Theilen von einem Pulver aus gleichen Theilen Salmiak und Salpeter, eine Kälte von 18° Fahr. zuwege brachte.

Zwölf Theile Schnee oder gestoßenes Eis, fünf Theile Kochsalz und fünf Theile salpetersaures Ammonium, bewirken eine Kälte von — 25° Fahr.

Schnee oder gestoßenes Eis drey Theile, und verdünnte Salpetersäure zwey Theile, beyde bey 0° Fahr. vermischt, erzeugten eine Kälte von — 46° F.

Schnee drey Theile, verdünnte Schwefelsäure zwey Theile, beyde bey + 50° F., brachten das Thermometer bis — 24°.

Gleiche Theile Schnee und verdünnte Schwefelsäure, beyde bey — 20° F. vermischt, brachten eine Kälte von — 56° F. hervor.

Um das Quecksilber zum Gefrieren zu bringen (unter — 40° Fahr.), kann man also Schnee und Salpetersäure, erst jedes besonders, in einer der kaltmachenden Mischungen von Schnee und Salzen erkälten,

dann mit einander vermischen, und das Quecksilber in einer Thermometerkugel in dieses Gemisch hineinstellen.

Herr Lowiz (a. a. O.) hat über diesen Gegenstand mehrere Versuche angestellt.

Gleiche Theile Schnee und krystallinisches ätzendes Kali, beyde von — 6½° R., brachten — 34° Kälte. Quecksilber, unmittelbar in die Mischung gegossen, erstarrte darin sehr bald zu einem festen Körper.

Eine ähnliche Mischung bey — 11° R. gab 40°.

Bey der Temperatur der Materialien von — 1° R. brachte mit Schnee trockenes ätzendes Kali eine Kälte von — 21°, Aetzlauge — 27°, krystallisirtes ätzendes Natrum — 21°, ätzendes Ammonium — 5°, kohlensaures Ammonium — 17°, gewöhnliches Scheidewasser — 19°, rauchende Salpetersäure — 24½, concentrirte Schwefelsäure — 19°, rauchende Salzsäure — 27½°, concentrirte Essigsäure — 22°, flüssiger Eisessig — 22°.

Bey einer Temperatur von — 2½° R. bewirkte mit dem Schnee trocknes Weinsteinkali — 22°, salpetersaure Kalkerde — 22°, feingeriebene Spießglanzbutter — 22°, salzsaure Talkerde — 24°, essigsaures Kali — 26½°, salzsaures Eisen — 28½, salzsaure Kalkerde — 38°.

Die letztere gab bey der Temperatur der Materialien von — 15° gar 40° R. mit dem Schnee.

Das vortheilhafteste Verhältniß von Schnee und salzsaurer Kalkerde zur Hervorbringung der größesten Kälte sind zwey Theile des erstern gegen drey Theile der letztern. Bey + 2½° der Materialien kommt das Gemisch auf — 59°, und geht also unter den Gefrierpunkt des Quecksilbers.

§. 622. Leslie's Versuche über die Fortpflanzung der Kälte durch Strahlung, haben bestätigt, was schon früher Pictet's Versuche sehr wahrscheinlich machten, nemlich, daß die strahlende Kälte in ihrer Beziehung gegen verschiedene Körper, dieselben Gesetze befolge, wie die strahlende Wärme (§. 543. Anm.) vergl. Nicholson's Journ. Vol. XX. p. 342. Kr."

„Das kubische zinnerne Gefäß (vergl. §. 543. Anm.) dessen sich Leslie bey seinen Versuchen über die strahlende Wärme bediente, füllte er mit Eis und stellte es in den Hauptbrennpunkt des Brennspiegels Die Wirkung war am größten bey einem Metallspiegel, geringer bey gläsernen und noch geringer, wenn die Oberfläche des Spiegels mit Lampenruß geschwärzt worden war. Das Vermögen, die Kälte zu entstrahlen, zurückzustrahlen und aufzuheben (zu absorbiren) war genau dasselbe wie bey der strahlenden Wärme. Jene Oberflächen, welche die Kälte (wie die Wärme) am besten entstrahlen, absorbiren sie auch am leichtesten, während beyde Eigenschaften im umgekehrten Verhältnisse mit dem Vermögen stehen, die Kälte (oder Wärme) zu reflectiren. Das Zwischenstellen von Schirmen wirkte in L's Versuchen, gerade wie bey der Wärme. Wurde ein Blatt Staniol zwischen gestellt, so wurde die Wirkung des kalten Körpers auf das Thermometer gänzlich aufgehoben; wandte man statt des Stan-

niol eine Glasplatte oder ein Stück Papier als Schirm an, so würde die Wirkung nur vermindert. — Diese und ähnliche Versuche, zeigen, daß für die Annahme eines Kältestoffes, als eines positiven Princips, eben so viele Gründe sind, als für jene eines Wärmestoffs, und nimmt man nur den letzteren an, so sind die hiernach möglichen Erklärungen mehrerer in Leslies Versuchen vorkommenden Erscheinungen so gezwungen, daß sie als verwerflich betrachtet werden können. Leslie selber fühlte dies, modificirte dieselbe und wandte seine Theorie von den Luftpulsationen auf die Erklärung der obigen Phänomene an. Hiernach entzieht die kalte Oberfläche der sie berührenden Luftschicht einen Theil ihrer Wärme; dieses veranlaßt ein momentanes Zusammenziehen der nächstfolgenden, wodurch dann Pulsationen, begleitet von einer Entladung von Wärme an die kalte Oberfläche, zu Stande kommen, die sich in fortlaufender Kette bis zur Spiegeloberfläche und von hier rückwärts bis zum Thermometer fortsetzen. Fr."

§. 623. II. **Der unmerkbargewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibeln in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den der Festigkeit übergehen, oder die überhaupt sich mehr verdicken.**

Dieses Gesetz ist das umgekehrte des vorigen und eine ganz natürliche Folge davon. Die Körper, die Wärmestoff verschluckt haben, um geschmolzen zu seyn, müssen beym Gestehen denselben wieder entlassen und solchergestalt eine Temperaturerhöhung erleiden. Wenn das Wasser gefriert, so setzt es also die Schmelzungswärme wieder ab. Bey dem allmähligen Gefrieren läßt sich freylich wegen der in jedem Augenblicke nur unmerklich entwickelten Wärme diese nicht durchs Gefühl und Thermometer wahrnehmen: allein eben in dieser freywerdenden Wärmematerie liegt der Grund, warum das Wasser beym Gefrierpunkte der Luft nicht plötzlich und durchaus gefriert, und warum das bey einer stärkern Kälte gefrierende Wasser doch 32° so lange behält, bis es durchaus gefroren ist.

§. 624. Es erklärt sich ferner aus diesem Gesetze: 1) Warum Wasser, das durch Bedeckung mit Oel und Ruhigstehen, ohne zu gefrieren, bis unter den Gefrierpunkt erkaltet war, wenn es nun durch Schütteln, oder Erschüttern, oder Umrühren, zum Gefrieren gebracht wird, ein darein gestelltes Thermometer bis 32° erhebt. 2) Warum z. B. von 1 Pf. Wasser von 32°, mit 1 Pf. Schnee von 4° vermischt, fast ½ Pf. Wasser gefriert und das ganze Gemisch auf 32° kommt. 3) Warum Salzsolutionen, die nach dem Abrauchen in der Hitze krystallisirungsfähig geworden sind, weit später erkalten, als eben so stark erhitztes

Wasser von eben dem Gewichte oder eben dem Umfange, wenn sie beyde unter gleichen Umständen in ein kälteres Medium gesetzt werden. 4) Warum eine gesättigte Auflösung des Glaubersalzes, die bey der vollkommenen Ruhe in einem verstopften Glase erkaltete, ohne sich zu krystallisiren, im Augenblicke des Krystallisirens beym Schütteln sich erhitzt. 5) Warum zerfallenes Glaubersalz, Bittersalz, Natrum, gebrannter Alaun, gebrannter Borax, u. dergl., bey der Vermischung mit Wasser von eben der Temperatur, Erhitzung zuwegebringen, da eben die Salze im krystallinischen Zustande Erkältung bewirken. Es wird nehmlich im erstern Falle das Wasser zum festen oder Krystallisationswasser. 6) Warum sich gebrannter Gyps, und noch mehr der gebrannte ungelöschte Kalk, mit Wasser erhitzen. Das flüssige Wasser wird nehmlich damit zum festen Krystallisationswasser. 7) Woher die starke Erhitzung der gebrannten Talkerde mit Vitriolöl rührt. 8) Woher die Erhitzung der gebrannten Kalkerde, der ätzenden Alkalien, der Metalle bey der Auflösung in concentrirten Säuren kommt. 9) Warum sich Vitriolöl, Salpetersäure, mit Oelen vermengt, erhitzen. Sie werden nehmlich dadurch zu Harzen verdickt. 10) Warum geschmolzener Talg, Fett, Harz, Wachs, so spät erkalten. 11) Warum Vitriolöl und Wasser, Weingeist und Wasser, Essig und Wasser, Mehl und Wasser, mit einander bey gleicher Temperatur vermischt, eine höhere Temperatur erhalten.

§. 625. III. **Der freye Wärmestoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den des Dunstes übergehen.**

§. 626. Dieses Gesetz erklärt mehrere Erscheinungen: 1) Die Fixität des Siedepunktes des an freyer Luft bey unverändertem Drucke der Atmosphäre kochenden Wassers (§. 579.). 2) Die Erscheinung, daß Wasser, welches im verschlossenen papinianischen Topfe bis über den Siede-

punkt erhitzt ist, sogleich zum Siedepunkt zurückkehrt, so wie der Dunst durch eine Oeffnung seinen Ausgang nehmen kann. 3) Warum 8 Pf. Eisenfeil von 300° Fahr., mit 1 Pfund Wasser von 212° vermengt, nur eine Temperatur von 212° des Gemenges hervorbringen. 4) Warum offene Gefäße, worin Wasser kocht, durch das Feuer nicht merklich über den Siedepunkt erhitzt werden können. 5) Warum ein Zwirnsfaden, der um ein mit Wasser gefülltes, verstopftes Medizinglas dicht gebunden ist, über der Flamme eines Lichts nicht verbrennt. 6) Die Abkühlung der Zimmer im Sommer durch Besprengen mit Wasser, und die Methode zu Benares in Indien, Eis zu machen. 7) Das Sinken eines empfindlichen Luftthermometers unter der Glocke der Luftpumpe beym Verdünnen der feuchten Luft darunter. 8) Die starke Erkältung beym Verdunsten des Aethers. (Franklin's Problem).

„Marcet's Versuche mit künstlicher Kälte durch Verdampfen des Schwefelkohlenstoffs (Schwefelalkohols); Gilbert's Ann. B. LIV S. 279 u. ff.). Gay-Lussac's Versuch über Verdunstungskälte und Selbstgefrieren der Blausäure durch theilweise Verdunstung; a. a. O. XL. S. 229. Kr."

„Auf Kälteerzeugung durch Verdunstung gründet sich die durch Marcet verbesserte Einrichtung (und Wirkung) von Wollaston's, *Kryophorus* oder Frostträger, Gilbert's Ann. XLVIII. S. 174 u. B. LII. S. 274. und 279. (Der Glasbläser Falter in Berlin verfertigt, von Hrn. Prof. Erman dazu angeleitet, *Kryophore* von vorzüglicher Güte und billigen Preisen. — Um das Frieren in der Ferne zu bewirken, dienen außer diesen Frostträgern auch metallene Brennspiegel, die jedoch nach ganz andern Gesetzen, nämlich nach denen der Reflexion der strahlenden Kälte wirken; siehe weiter unten. Kr."

Beschreibung der Art und Weise, wie man zu Benares in Ostindien Eis verfertigt, von Hrn. Lloyd. Williams; in Gren's Journal der Physik, B. VIII. S. 400 ff. S. 412 ff.

Ueber die bequemste Art, Wasser durch Verdunstung des Vitriolöthers gefrieren zu machen, vom Hrn. Hofr. Mayer; im neuen Journ. der Physik, B. II. S. 394 ff.

„Hutton erzeugte (nach einem zur Zeit noch verschwiegenen, aber wahrscheinlich auf Wirkung der zuvor möglichst erkalteten, höchst zusammengepreßten und dann über zu erstarrender Flüssigkeit plötzlich zerfließenden atmosphärischen Luft beruhenden Verfahren; vergl. D. Gewerbsfr. II. S. 200) eine den Weingeist zum Erstarren bringende Kälte = — 79° C. Kr."

„Ueber Kälte-Erzeugung durch Verdünnung der Luft und Absorption des unter dem Recipienten der Luftpumpe entwickelt werdenden Wasserdampfes durch daselbst in einer Schaale befindliche Schwefelsäure (oder statt derselben, im Backofen getrocknetes Pulver von porphyrartigem Trapp, oder noch vorzüglicher durch Mehl von getrocknetem Hafer) vergl. D. Gewerbsfr. B. III. Schweigger's N. Journ. XX. S. 457. Kr."

§. 627. Endlich erklärt dieses Gesetz 9) die sogenannte Kälte-erzeugende Kraft des lebenden Menschen in einem Medium, das über die Temperatur der Blutwärme erhöhet ist. Da nehmlich der lebende Körper eine Quelle der Entwickelung des Wärmestoffes in sich selbst hat, so würde, wenn die umgebenden Mittel von niedrigerer Temperatur den Wärmestoff nicht abführten, dieser sehr bald in dem Maaße angehäuft werden müssen, daß er nachtheiligen und tödtenden Reiz für den Körper wirkte. In einem Mittel aber, das über die Blutwärme in der Temperatur erhöhet ist, kann diese Abführung der Wärme durch dieses Mittel nicht geschehen; aber nun öffnet sich auch eine Quelle zur Abkühlung in desto reichlicherm Maaße, nehmlich die Ausdünstung.

Chr. Henr. Roth diss. de transspiratione cutanea aequilibrii caloris humani conservationi inserviente Hol. 1795. 8.

§. 628. IV. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibeln in Körpern, die aus dem Zustand des Dunstes zu tropfbarflüssigen oder festen werden.**

§. 629. Dieses Gesetz ist wieder das umgekehrte des vorigen. Als Beyspiel zur Erklärung dienen: 1) Warum eine kleine Quantität Wasser in Dunstgestalt, z. B. bey Destillationen, weit mehr Wärme bey seinem Niederschlagen absetzt, als eine gleiche Quantität tropfbares Wasser, wenn auch die Temperatur in beyden gleich ist. 2) Warum der Wasserdunst bey seiner Zusammendrückung und daher entstehenden Verdichtung Temperaturerhöhung bewirkt; und warum unter der Glocke der Luftpumpe ein empfindliches Luftthermometer steigt, wenn man zu dem im Guerickschen Raume enthaltenen Dunste Luft läßt. Nach Hrn. Watt's

Erfahrung ist die Quantität des Wärmestoffes, der als latenter im Wasserdunste bey gleicher Temperatur mehr enthalten ist, als im kochenden Wasser von eben dem Gewichte, so groß, daß, wenn er in einer nicht verdunstbaren Substanz von einerley Capacität und Gewicht mit dem Wasser frey und sensibel würde, er die Temperatur dieser Masse um 943° erhöhen würde.

De Luc neue Ideen, S. 249 — 258.

§. 630. V. **Der freye Wärmestoff wird verschluckt und zum unmerkbaren, wenn Substanzen die Gasgestalt annehmen.**

§. 631. VI. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder frey, wenn Gasarten ihren luftförmigen Zustand verlieren und zum flüssigen oder festen Stoffe niedergeschlagen werden.**

Die Erfahrungen über die Gasarten, die in der Folge erst vorgetragen werden können, werden diese beyden letztern Gesetze bestätigen.

„Aber nicht alle Gasentbindungen bestätigen die beyden letztern Gesetze. Bey sehr vielen Luftentbindungen entsteht keine Kälte. Wenn kohlensaurer Kalk durch Salzsäure oder Salpetersäure zersetzt wird, so wird die Kalkerde tropfbar und die Kohlensäure ausdehnsam; und doch zeigt sich eher Wärme als Kälte. Nur dann, wenn die bloße Wärme allein die Aenderung des Aggregatzustandes bewirkt, finden die Gesetze I. bis IV. ohne Ausnahme Statt; finden aber zugleich Zusammensetzungen oder Zersetzungen Statt, so giebt es viele Ausnahmen. F."

§. 632. VII. **Es wird Wärme gebunden; wenn Gase verdünnt, d. i., mehr ausgedehnt werden, und umgekehrt wird Wärme frey, wenn Gase durch vermehrte Druckgewalt verdichtet werden.**

„Hieher gehört die Temperaturverminderung durch Verdünnung der Luft z. B. unter dem Recipienten der Luftpumpe, und die Erhöhung der Temperatur beym Zusammendrücken der Luft, z. B. durch fallende Meteorsteine, in der Kugel der Windbüchse, in dem Recipienten der Compressions-Luftpumpe, im sogen. pneumatischen Feuerzeuge rc. Kr."

Mit-

Mittel, die Temperatur der Körper zu erhöhen.

§. 633. Nach den angeführten Gesetzen der Figirung und Entbindung des Wärmestoffs kann also Erhitzung oder Temperaturerhöhung in sehr vielen Fällen dadurch hervorgebracht werden, daß Materien durch ihre Einwirkung auf einander oder durch Veränderung ihrer Mischung ihre Form ändern, wobey vorher latent gewesener oder chemisch gebundener Wärmestoff frey wird.

§. 634. Es wird aber Wärmestoff nicht bloß von Materien in ihrem gasförmigen Zustande chemisch gebunden werden, sondern sie enthalten ihn auch in andern Zuständen der Aggregation oder der Form wirklich chemisch gebunden: und zwar so, daß sie bey gleicher Masse nach ihrer verschiedenen Anziehung dazu mit verschiedenen Quantitäten desselben vereinigt sind, und daß durch die Veränderung der Mischung dieser Materien dieser gebundene Wärmestoff in größerer oder geringerer Menge daraus frey wird. Und dieß wäre ein zweytes Mittel, wie Temperaturerhöhung unabhängig von der Formänderung entstehen kann durch bloße chemische Mischung.

„Vergl. hiermit auch §. 555. Kr."

§. 635. Eine dritte Quelle zur Entstehung der Wärme, und die vorzüglichste und hauptsächlichste für unsern Erdkörper, ist das Sonnenfeuer; über seine Wirkungsart kann aber erst in der Folge bey der Lehre vom Lichte die Untersuchung angestellt werden.

„Bliebe die durch das Sonnenlicht an einer Körperfläche entwickelte Wärme auf derselben, so würde die Erwärmung bis zur heftigsten Erhitzung steigen, wie dieses schon Ducarlo's und Saussure's Wärmesammler zeigen. Kr."

§. 636. Das Verbrennen entzündlicher Materien, oder das Küchenfeuer, ist ein viertes Mittel, Hitze zuwege zu bringen. Die Folge wird lehren, daß es hauptsächlich dadurch wirkt, daß dabey eine gasförmige Substanz

zersetzt wird, und also eigentlich das oben §. 631. angeführte Gesetz Statt findet.

§. 637. Ein fünftes Mittel, Wärme zu erregen, ist endlich das Reiben fester Körper unter einander, das man ehemals gar für die einzige Quelle aller Temperaturerhöhung ansah. Obgleich noch nicht alle Umstände bey dieser so gewöhnlichen Erscheinung ins Licht gesetzt sind, so scheint doch so viel ausgemacht zu seyn, daß eine plötzliche und starke Zusammendrückung der Theile der sich reibenden Körper Statt finden muß, wenn dadurch Hitze erregt werden soll, wie es auch das Geräusch, das beym Reiben immer zugegen ist, bestätigt. Vielleicht wird nun durch diese plötzliche Zunahme der Dichtigkeit der Theile ihre Capacität oder ihre specifische Wärme (§. 553.) vermindert, und so Anhäufung von freyem Wärmestoffe oder Temperaturerhöhung zuwegegebracht. Hieraus ließe sich erklären, wie bey übrigens gleichen Umständen und gleichen Körpern die Entstehung der Wärme um desto größer sey, je heftiger das Reiben geschieht, oder je schneller und stärker die successiven Zusammendrückungen und Schwingungen der Theile erfolgen. Ferner lehren die Erfahrungen, daß die Leitungskraft der Körper für die Wärme auf die Erregung der Hitze vielen Einfluß habe, und daß diese bey gleicher Stärke der Reibung um desto größer sey, je schlechtere Leiter für die Wärme die reibenden Substanzen sind. Die Luft, welche die reibenden Substanzen berührt, kann daher auch Wärmetheilchen schnell genug ableiten, daß ihre Wirkung nicht bemerkbar wird, wenn die Wirkung des Reibens nur schwach ist; und wirklich fand Pictet auch im luftleeren Raume deßhalb die Wirkung des Reibens größer, als im luftvollen, was zu gleicher Zeit beweiset, daß die Luft selbst die beym Reiben fester Körper erregte Wärme nicht hergiebt. Freylich kann aber beym Reiben entzündlicher Substanzen die Temperatur derselben bis zu ihrer Entzündungshitze erhöhet und dadurch Verbrennen hervorgebracht werden, wobey

denn die Luft allerdings zur Erzeugung der Hitze wirksam ist. Flüssige Körper können sich wegen der Verschiebbarkeit ihrer Theile nicht unter einander reiben, wie man sonst annahm. In ihnen selbst ist daher diese Art der Erregung der Wärme nicht möglich. Bey ausdehnsamen Flüssigkeiten kann jedoch durch plötzliche Zusammendrückung derselben auf eine ähnliche Art, wie beym Reiben, Wärmestoff angehäuft werden, wie die Temperaturerhöhung der Luft beym schnellen Comprimiren derselben offenbar beweiset.

Pictet's Versuch über die Wärme, die durch das Reiben hervorgebracht wird; in seinem Versuche über das Feuer, S. 184 ff.

„Vergl. Rumford in Scherer's Journ. I. S. 9—51. Fries ebend. II. S. 542. Davy in Gehlen's Journ. I. 571. — Außer den oben gedachten Wärmeerzeugungsmitteln verdienen dazu noch gezählt zu werden, die Entstehung der Wärme durch Stoß, Druck, Pressung ꝛc., die durch das Leben in lebenden Wesen und die (weiter unten zu erwähnende) durch die Elektricität bedingte. Kr.“

Zweytes Hauptstück.

Licht.

---

§. 638.

Bey Tage und bey der Erhellung durch Feuer oder durch leuchtende Materien bringen die Gegenstände in unsern gesunden Augen eine Empfindung zuwege, welche jedermann unter dem Namen des Sehens kennt, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, von der Lage, Figur, Größe und Bewegung der sichtbaren Gegenstände urtheilen zu können.

§. 639. Die objective Ursach dieser Empfindung nennt man Licht oder Lichtmaterie (Materia lucis). Außer dem Sinne des Gesichts kann dieses Wesen freylich von keinem andern Sinne empfunden werden: da es aber das

Organ des Gesichts rührt, ihm sogar beschwerlich und schmerzhaft werden kann; da wir es vermehren, vermindern, absondern, messen, figiren und versetzen können; kurz, da es im Raume und in der Zeit enthalten ist: so ist gar kein Bedenken, sein materielles Daseyn anzunehmen und ihm objective Realität zuzuschreiben.

§. 640. Der Zustand der Körper, die in unsern Augen die Empfindung des Sehens hervorbringen, heißt **Erleuchtung** oder **Helligkeit** (Claritas), welchem die **Dunkelheit** oder **Finsterniß** (Obscuritas) entgegengesetzt ist, die, wie niemand zweifelt, kein eigenes dunkelmachendes Wesen voraussetzt, sondern bloße Abwesenheit des Lichts oder auch Verminderung desselben bis auf einen Grad ist, der von uns nicht mehr empfunden werden kann.

§. 641. Diejenigen Körper, die aus sich das Licht entwickeln, und also für sich allein die Empfindung des Sehens verursachen, heißen **leuchtende Körper** (Corpora lucentia), und dahin gehören die Sonne, die Fixsterne, alle brennende Körper; alle andre Körper aber, die uns nur durch Hülfe jener sichtbar werden, heißen, wenn sie die Empfindung des Sehens bewirken, **erleuchtete** oder **erhellte Körper**.

Schwachleuchtende Körper können durch starkleuchtende ganz unsichtbar oder zu bloß erleuchteten gemacht werden, weil die gleichzeitige stärkere Empfindung in einem und demselben Organe die ungleich schwächere unmerklich macht. So sieht man Phosphor beym Tageslichte nicht leuchten, nur erleuchtet, und die Gestirne sind unserm bloßen Gesichte dann ganz unsichtbar.

§. 642. Wenn wir durch gewisse Körper die gerade Linie unterbrechen, die von unserm Auge zu den leuchtenden oder erleuchteten Gegenständen gezogen werden kann, so können wir diese nicht mehr sehen; verschiedene andere Körper hingegen verhindern es in diesem Falle nicht, sondern wir können durch sie die leuchtenden oder erleuchteten Gegenstände wahrnehmen. Jene heißen **opake** oder **undurchsichtige Körper** (Corpora opaca), diese **durch-**

sichtige (Corpora transparentia, diaphana, pellucida). Die Durchsichtigkeit derselben leidet übrigens verschiedene Stufen. Sie hängt nicht von der Menge der Zwischenräume, sondern von der geradlinigen Richtung des Lichtes in der Masse ab, wie weiter unten näher erläutert werden wird.

Nöthige Erinnerung hierbei wegen des Sehens vermittelst der durch Spiegel reflectirten Strahlen.

§. 643. Wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, so findet man, daß die Erleuchtung der hinter einander liegenden Lufttheilchen eine gerade Linie macht. Da aber auch erleuchtete Gegenstände nicht wahrgenommen werden können, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen durch undurchsichtige Körper unterbrochen wird, so muß sich das Licht sowohl von den leuchtenden als erleuchteten Körpern in geraden Linien fortpflanzen.

§. 644. Die Theilchen des Lichts, die in einer geraden Linie sich hinter einander bewegen, nennt man einen Lichtstrahl (Radius lucis). Die durchsichtigen Körper (§. 642.) müssen diese Lichtstrahlen durch sich nach unserm Auge hindurchgehen lassen, sonst würden wir durch sie hindurch die sichtbaren Gegenstände nicht wahrnehmen können.

§. 645. Ein isolirter leuchtender oder erleuchteter Punkt ist von allen Seiten her sichtbar; folglich verbreitet sich auch das Licht von jedem sichtbaren Punkte nach allen Richtungen zu.

§. 646. Das Licht ist also eine expansible Flüssigkeit, deren Theilchen durch überwiegende Repulsionskraft in Bewegung gesetzt werden; und diese bewegen sich von der Quelle aus, wo sie thätig werden, nach allen Richtungen zu, wie die Radii einer Kugel vom Mittelpunkte nach der Fläche. Wir können uns also die Verbreitung des Lichts von jedem leuchtenden oder erleuchteten Punkte als eine

Sphäre von unbestimmter Größe vorstellen, deren Centrum der strahlende Punkt einnimmt, und deren Radii die Lichtstrahlen sind. Bey sichtbaren Punkten auf Flächen undurchsichtiger Körper kann dieser Ausfluß des Lichts als eine Hemisphäre gedacht werden.

§. 647. Das Licht ist ferner eine rein-expansible Flüssigkeit. Kein einziger Versuch kann die Schwerkraft desselben beweisen, oder darthun, daß seine Bewegung durch die Schwere in der Richtung abgeändert werde. Es zeigt sich durchaus als imponderable Substanz.

§. 648. Diesemnach müßte das Licht sich ins Unendliche verbreiten, weil seine Repulsionskraft sich nicht durch sich selbst beschränken kann; und wirklich erfüllt auch das Licht nie mit Beharrlichkeit seinen Raum.

§. 649. Die Untersuchungen in der Folge werden aber wahrscheinlich machen, daß die Expansibilität des Lichts nicht ursprünglich, sondern mitgetheilt ist, und daß es aus einer an sich nicht expansibeln Substanz und dem Wärmestoffe besteht, durch welchen jene ihre expansible Flüssigkeit erhält; daß es durch Anziehung anderer Materien, entweder gegen seine Basis oder gegen seinen Wärmestoff, zersetzt werden, und so dahin gebracht werden kann, in einem begränzten Raume, freylich nicht mehr als expansibles Fluidum, gefesselt zu werden.

„Der Lichtstoff würde diesem gemäß diejenige Substanz seyn, welche die größte Capacität für den Wärmestoff besäße, und die mit ihm verbunden Licht, d. i. Gegenstand des Gesichts erzeugte, von ihm — durch chemische Zersetzung (z. B. in den niederen Regionen der atmosphärischen Luft) — geschieden, hingegen einerseits den Wärmestoff als freie Wärme entließe, andererseits als an sich dunkeler Lichtstoff mit andern Materien, z. B. mit dem Wasserstoff (zu Kohlenstoff) mit dem Sauerstoff (zu Stikstoff) sich verbände, wie v. Crell, Göttling u. a. a. Chemiker und verschiedene Physiologen vermuthet haben. — Einige der Alchemisten gingen von ähnlichen Ideen aus, indem sie vermeinten, das Sonnenlicht so zu zersetzen, daß nicht der Wärmestoff, sondern umgekehrt der Lichtstoff frey, und der Wärmestoff gebunden würde, wo sie dann in dem auszuscheidenden Lichtstoffe die angenommene Grundmaterie aller Naturwesen (den sogen. Stein der Weisen) zu gewinnen gedachten. — Nach Pictet (Vers.

bert's Ann. LI. S. 291 u. f.) besitzt das Licht zu den Materien zuvörderst die von P. angenommene Affinität der ersten Art, der zu Folge sich Stoffe mischen, ohne ihre Grundeigenschaften zu verlieren. Als Grundeigenschaft des Lichtes sey zu betrachten das Leuchten, und indem das Licht bey den späterhin zu erwähnenden Phänomenen der Brechung, der Seitenstrahlung und Farbenzerstreuung nur jener Art von Affinität Folge leistet, behält es seine leuchtenden Eigenschaften unverändert bey. Kr."

§. 650. Aus der Expansibilität des Lichts folgt schon, daß es als Continuum seinen Raum erfüllen müsse; daß es also keine sogenannte discrete Flüssigkeit bilden könne, deren Theilchen durch große Zwischenräume in Beziehung auf ihren Durchmesser von einander abgesondert wären; und daß es sich nicht in abgesonderten, nicht contiguirlichen, Strahlen verbreite.

§. 651. Indessen dient diese Vorstellung, daß sich das Licht in discreten Strahlen verbreite, zur anschaulichern Erklärung der folgenden Erscheinungen; die Optik läßt sich so gewissermaaßen auf eine Geometrie des Lichts zurückbringen. Ich werde deßhalb diese Vorstellungsart im Folgenden zum Grunde legen, obgleich in der Wirklichkeit das Licht in einem contiguirlichen Strome ausfließt und auch bey der größesten Dünne ein Continuum im Raume bildet.

In der Wirklichkeit kann man ja auch nie einen Lichtstrahl darstellen; dazu müßte man das Licht durch ein unendlich kleines Loch in ein finsteres Zimmer treten lassen, wovon jedermann die Unmöglichkeit einsieht.

§. 652. Die Geschwindigkeit der Ausbreitung der Theilchen des Lichts vom strahlenden Punkte ist so groß, daß die Zeit, die es braucht, um einen auf der Erde zu übersehenden Raum zu durchlaufen, für uns nicht mehr meßbar ist. Indessen ist diese Bewegung doch nicht instantan, oder ohne Zeit, wie man ehemals glaubte, sondern für sehr große Räume allerdings meßbar und nicht außer aller Vergleichung groß, wie die Astronomie lehrt. Den sichersten Beobachtungen derselben zu Folge durchläuft das Licht den Weg von der Sonne zur Erde, oder den Raum, der dem mittlern Halbmesser der Erdbahn oder 23430 Halbmessern der

der Erde gleich ist, in 8 Minuten 7½ Secunden. Diese Geschwindigkeit verhält sich zu der, mit welcher die Erde um die Sonne läuft, wie 10313 : 1; zu der Geschwindigkeit, mit welcher ein Punkt des Aequators der Erde bey ihrer Umdrehung um die Achse geführt wird, wie 653539 : 1; und zu der Geschwindigkeit des Schalles in der Luft beynahe wie 976000 : 1. Diese Geschwindigkeit des Lichts giebt also binnen Einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographischen Meilen. Aus dieser großen Geschwindigkeit des Lichts und aus der Dauer der Empfindung in unserm Organe nach empfangener Impression läßt es sich denn auch erklären, warum ein nicht continuirlicher Strom des Lichts, der in sehr kleinen Zwischenzeiten von einem Orte her erfolgt, uns als ein continuirlicher erscheinen kann.

Römer, ein dänischer Astronom, beobachtete mit Cassini in den Jahren 1671 bis 1675 die Verfinsterungen der Jupitersmonde fleißig, und fand, daß bey den verschiedenen Stellungen der Erde in ihrem Kreislaufe um die Sonne die Zeit des Austritts des ersten Mondes aus dem Schatten des Jupiters nicht so erfolgte, als es der Berechnung nach hätte seyn müssen. Es sey z. B. (Fig. 55.) S die Sonne, T die Erde, TQM ihre Bahn um die Sonne, tc der Halbmesser dieser Bahn, I der Jupiter und BA ein Theil seiner Bahn um die Sonne, L der erste Mond des Jupiters, und Labc die Bahn dieses Mondes um den Jupiter. Wenn die Erde sich in T befindet, und der Beobachter auf derselben nimmt den Austritt des Jupitersmondes L aus dem Schatten des Jupiters in l wahr, so wird er diesen Austritt etwa nach 42 St. und 30 Minuten abermals wahrnehmen; und wenn die Erde in T bliebe, so würde er in 30mal 42 St. 30 Min. den Austritt des Jupitersmondes aus dem Schatten des Jupiters 30mal beobachten können. Die Erde legt aber in dieser Zeit einen Theil der Bahn zurück, und langt in t an. Wenn nun das Licht Zeit braucht, um sich fortzupflanzen, so wird der Beobachter auf der Erde in t diesen Austritt später beobachten, als da die Erde in T war; und es muß folglich zu der Zeit von 30mal 42 St. 30 Min. noch so viel Zeit hinzukommen, als das Licht braucht, um die Differenz des Raumes IT und It zu durchlaufen. Römer las am 22sten Nov. 1675 in der Akademie der Wissenschaften zu Paris eine Abhandlung über diese allmählige Fortpflanzung des Lichts vor, die er aus seinen Beobachtungen gefolgert hatte. Cassini und Maraldi widersprachen ihm (*Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1707. S. 56 und 102.), Huygens hingegen (*Tr. de lumine*, S. 6. und Newton (*Princ. phil. nat.* S. 207.) pflichteten ihm bey. Bradley endlich setzte durch die von ihm gemachte Entdeckung der Aberration der Fixsterne die allmählige Fortpflanzung außer allen Zweifel, und seine genauern Bestimmungen haben gelehrt, daß, wenn die Differenz des Raumes IT und It dem Halbmesser der Erdbahn tc gleich sey, das Licht eine Zeit von 8 Min. 7½ Secunden brauche, um ihn zu durchlau-

sey, oder das Licht, um von der Sonne bis zur Erde zu kommen, 8 Min. $7\frac{1}{2}$ Sec. Zeit verwende. (*Bailly* histoire d'astronomie moderne, T. II. S. 674.). Römer selbst hat nichts von seinen Beobachtungen schriftlich hinterlassen.

Aus dieser grossen Geschwindigkeit des Lichts und aus der Dauer des Eindrucks desselben auf die Netzhaut unsers Auges läßt es sich denn leicht erklären, wie uns der Ausfluß des Lichts als ein ununterbrochner Strom vorkommen könne, ungeachtet dieß in der Wirklichkeit nicht immer so ist. Wenn man eine glühende Kohle schnell im Kreise schwingt, so scheint sie einen ununterbrochenen glühenden Kreis zu bilden, ob gleich die Kohle an den verschiedenen Stellen desselben nacheinander, nicht zugleich ist. Segner (Progr. de raritate luminis, Goetting. 1740. 4.) folgert hieraus, daß der Eindruck des Lichts auf die Netzhaut des Auges $\frac{1}{2}$ Secunde daure. Wir wollen annehmen, daß er nur $\frac{1}{10}$ Secunde daure, so wird das Licht binnen dieser Zeit einen Weg von etwa 5 Halbmessern der Erde durchlaufen. Es könnten also successive Lichtflüsse um 5 Halbmesser der Erde von einander abstehen, und uns doch als ein continuirlicher Strom erscheinen.

„Nach Parrot ertheilt die Affinität der ersten Art, wie sie z. B. wirksam ist, bei der Lösung einer Schicht Schwefelsäure, die 1 Zoll hoch mit Wasser bedeckt ist, und wo die oberste Wasserschicht in $\frac{1}{1000}$ Secunde $\frac{1}{100000}$ Säure gelöst hat, den ihr folgenden Stoffen eine Geschwindigkeit, gegen welche die des Lichtes als sehr geringe angesehen werden muß, und kaum dagegen in Betrachtung kommt. Es ist nämlich nach P. die Geschwindigkeit, mit welcher die Affinität der ersten Art die chemischen Stoffe wandern lassen kann, = 1 nebst 2992 Nullen, deren Einheit der Pariser Zoll ist: eine Geschwindigkeit, die so ungeheuer ist, daß es für die Vergleichung mit der Geschwindigkeit des Lichtes gleichgültig ist, was man für die Einheit nimmt; $\frac{1}{1000}$ des Zolls, oder den Durchmesser der Bahn des Uranus; Gilbert's Ann. a. a. O. 302 u. f. Kr."

Geradlinige Verbreitung des Lichts.

§. 653. **Aus dem Satze vom Beharrungsvermögen folgt, daß die Lichttheilchen, die durch ihre Repulsionskraft in Thätigkeit gesetzt worden sind, wenn sie nicht durch Anziehung anderer Materien dagegen afficirt werden, in der Richtung, die sie einmal haben, beharren, folglich sich geradlinig verbreiten müssen.**

„Wer mag unterscheiden, ob der Satz vom Beharrungsvermögen, so wie überhaupt irgend ein Satz unserer Statik und Mechanik auf das Licht anwendbar sey, da wir nicht einmal wissen, ob das, was wir Bewegung des Lichts nennen, eine progressive oder eine vibrirende Bewegung, oder vielleicht nur ein Uebergang einer gewissen Wirkung aus einem Theile des Raumes in den andern sey, wozu vielleicht gar kein Bild in unserm Vorstellungsvermögen vorhanden ist. Die

geradlinige Bewegung des Lichts kann uns muß offenbar nicht anders, als aus der Erfahrung erkannt werden. F."

§. 654 Die Lichtstrahlen also, die von einem sichtbaren Punkte ausfahren, und auf die Hornhaut oder Pupille unsers Auges, oder sonst auf eine Kreisfläche fallen, müssen einen Strahlenkegel bilden, dessen Grundfläche an unserm Auge oder an der andern Fläche, und dessen Spitze an dem strahlenden Punkte ist.

§. 655. Weil die Stärke des Lichts (Intensitas lucis) von der Dichtigkeit desselben, und die Stärke der Erleuchtung von der Menge der auf eine Fläche fallenden Lichtstrahlen abhängt, so sieht man auch aus der Verbreitung des Lichts (§. 654.) leicht ein, daß sich die Erleuchtung einer Fläche umgekehrt verhalten müsse, wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Fläche von dem strahlenden Punkte; ferner, daß von einerley strahlendem Punkte bey gleicher Entfernung weniger Lichtstrahlen auf einerley Kreisfläche fallen müssen, wenn die Achse des Lichtkegels schief, als wenn sie senkrecht darauf ist; daß immer desto weniger Strahlen auf die Fläche fallen müssen, je schiefer der Auffallswinkel der Achse des Lichtkegels ist; und daß die Erleuchtung der Fläche sich gerade verhalten müsse, wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Fläche, wenn das Licht parallel auf dieselbe fällt.

„Diese Sätze beruhen auf folgenden Schlüssen:"

1) „Dieselbe Lichtmenge gleichförmig über eine viermal größere Fläche ausgebreitet, giebt eine viermal schwächere Erleuchtung; d. h., bey gleicher Lichtmenge verhält sich die Stärke des Lichts umgekehrt wie die erleuchtete Fläche."

2) „In c (Fig. 56.) sey ein strahlender Punkt; AB sey eine Fläche, welche den Lichtkegel cAB auffängt. Man rücke die Fläche AB ihrer ersten Lage parallel näher an c in ab, so trifft der Lichtkegel nur einen Theil der Fläche: also verhält sich die Lichtstärke in ab zur Lichtstärke in AB verkehrt wie die Durchschnitte des Kegels an diesen Stellen (n. 1.). Aber parallele Kegeldurchschnitte verhalten sich, wie die Quadrate ihrer Entfernung von der Spitze: also verhält sich die Lichtstärke verkehrt wie das Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkte."

3) „Man denke sich (Taf. 1. Fig. 2) zwischen AB und CD paralleles Licht, welches durch verschiedene Flächen gf, gm unter den Winkeln gfA, gmA aufgefangen wird. Die Lichtstärke auf gf sey L, auf gm sey sie l; so ist L : l = gm : gf (n. 2.); aber gm : gf = Sin. gfA : gmA (aus trigon. Gründen); also L : l = Sin. gfA : Sin. gmA; also bey parallelem Lichte die Erleuchtung, wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die Fläche. F."

§. 656. Versuche, welche die Schwächung des Lichts bey seinem Fortgange im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom strahlenden Punkte beweisen, hat Graf Rumford angestellt und dazu ein sinnreiches Photometer beschrieben.

Beschreibung einer Methode, die comparativen Intensitäten des Lichtes leuchtender Körper zu messen, vom Herrn Generallieutenant Benj. Thompson, Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. d. Physik, B. II. S. 15 ff.

„Rumford's neues vereinfachtes Photometer Gilbert's Ann. XLV. S. 349. XLVI. S. 230. — Leslie's, Lampadius Photometer; Schweigger's N. Journ. X. S. 124. 406. XI. 561. Kr

§. 657. Es folgt aus dem angeführten Gesetze der Schwächung des Lichts bey seiner Verbreitung (§. 655.) daß, wenn auf einer gegebenen Fläche die Stärke der Erleuchtung oder die Dichtigkeit des Lichtes zweyer verschiedenen Lichtquellen (unter gleichem Auffallswinkel der Strahlen) gleich ist, die Intensitäten oder Dichtigkeiten der respectiven Lichtstrahlen bey ihrem Ausflusse sich verhalten müssen, wie die Quadrate der Entfernungen dieser Lichtquellen von der Fläche.

„Wenn nehmlich ein Licht in der einfachen Entfernung eine gewisse Erleuchtung bewirkt, so ist in doppelter Entfernung ein viermal stärkeres Licht, in dreyfacher Entfernung ein neunmal stärkeres u. s. w. nöthig, um dieselbe Wirkung zu machen. Wenn also zwey Lichter in ungleichen Entfernungen gleiche Erleuchtung hervorbringen, so verhält sich ihre erleuchtende Kraft, wie das Quadrat der Entfernung. — Es ist aber zu bemerken, daß der Satz unmittelbar nur von leuchtenden Punkten, oder von Lichtern, welche gleichen Umfang haben, gilt. Man kann ihn also nicht geradezu anwenden, wie der Verfasser thut, die Stärke eines Kerzenlichtes mit dem Lichte des Mondes oder der Sonne zu vergleichen. F."

§. 658. Die Lichtstrahlen, welche bey ihrer Entwickelung aus dem strahlenden Punkte ausfahren, entfernen sich natürlicher Weise immer weiter von einander und heißen

divergirend, auseinanderfahrend (Radii divergentes); und ihre Divergenz muß desto größer seyn, je größer der Winkel an der Spitze des Strahlenkegels ist. Sonst können aber auch Lichtstrahlen (wie dieß in der Folge erhellen wird) von einer Fläche nach einem Punkte hin zusammenlaufen oder convergiren (Radii convergentes); und es muß ebenfalls die Convergenz derselben desto größer werden, je näher die Spitze des Strahlenkegels nach der Grundfläche desselben zu tritt.

Es sey (Fig. 57.) AB eine Kreisfläche, die vom strahlenden Punkte c Erleuchtung erhält: so ist cAB ein Strahlenkegel, und der Winkel, welchen die zwey äußern Strahlen an entgegengesetzten Punkten der Peripherie A und B mit einander in c machen, AcB. Wird dieselbige Grundfläche dem strahlenden Punkte c näher gestellt, wie in ab, so wird der Winkel acb, den nun die äußern Strahlen an den entgegengesetzten Punkten a und b der Peripherie bilden, größer; die Größe der Divergenz der Strahlen wird so aus der Größe des Winkels in c beurtheilt.

Es laufe ferner (Fig. 58.) ein Strahl von A nach c, und ein anderer von B nach c, so heißen sie nun convergirend, und die Größe ihrer Convergenz wird durch den Winkel AcB ausgedruckt. Wenn nun eben diese Strahlen früher zusammentreffen, wie Af und Bf, so wird der Winkel AfB größer seyn, und man sagt, ihre Convergenz sey größer.

§. 659. Wenn die Fläche, welche die divergirenden Strahlen von einem strahlenden Punkte auffängt, sich weiter vom letztern entfernt, so wird auch der Winkel der äußersten an entgegengesetzten Punkten der Peripherie der Fläche auffallenden divergirenden Strahlen kleiner, und bey einer sehr großen Entfernung endlich so klein, daß der Winkel für uns ganz verschwindet, und daß man die auffallenden Strahlen als parallel ansehen kann, die also dann einen Strahlencylinder zu bilden scheinen.

§. 660. In einem freyen (ganz leeren) Mittel*) würde die Stärke des Lichts paralleler Strahlen bey ihrem Fortgange nicht vermindert werden; sie wird es aber in durch-[illegible]sigen Körpern, weil diese nicht völlig und nie so durchsichtig [illegible], daß sie gar keine Strahlen aufhalten sollten. Ueberhaupt aber nimmt die Stärke des Lichts darin nach einer

geometrischen Progression ab, wenn das Medium homogen und gleichförmig ist.

*) „Mittel (Medium) nennt man in der Optik jeden Raum, er sey leer, oder mit Materie erfüllt. Daher sagt man z. B., ein Lichtstrahl treffe auf ein durchsichtiges oder undurchsichtiges Mittel. F.“

Es sey ein durchsichtiges Medium, von homogener Natur, dessen Dichtigkeit in allen Theilen gleichförmig sey, und worin also das Verhältniß der Theile, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlassen, einerley sey in dem Ganzen, wie in einzelnen Schichten des Ganzen. Man denke sich nun das ganze Medium durch parallele, und auf die Richtung des Lichtes senkrechte Ebenen in gleiche Schichten abgetheilt, so ist klar, daß, wenn das Verhältniß der Theilchen des Raums, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlassen, wie $x:1$, und die Lichtmenge, die als parallel in die erste Schicht tritt, durch 1 ausgedruckt wird, der davon aufgehaltene Theil $\frac{1}{x}$ seyn wird. Die durch diese erste Schicht durchgehende Lichtmenge wird also $1 - \frac{1}{x}$ seyn; in der zweyten Schicht des Mediums wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{1}{xx}$ aufgefangen werden: folglich wird durch diese zweyte Schicht nur die Menge des Lichts gehen, die durch $1 - \frac{1}{x} - \frac{1}{x} + \frac{1}{xx} = 1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$ ausgedruckt wird. In der dritten Schicht wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{2}{xx} + \frac{1}{xxx}$ wieder aufgehalten werden: folglich wird durch diese dritte Schicht nur die Lichtmenge $1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} - \frac{1}{x} + \frac{2}{xx} - \frac{1}{xxx} = 1 - \frac{3}{x} + \frac{3}{xx} - \frac{1}{xxx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$ hindurchgehen und zur vierten gelangen, u. s. w. Wenn also die Stärke des Lichts, d. i., die Menge des Lichts, das in parallelen Strahlen auf die erste Schicht trifft, durch 1 ausgedruckt wird, so ist sie auf der zweyten gleichen Schicht $= 1 - \frac{1}{x}$, auf der dritten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$, auf der vierten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$. Sie nimmt folglich in einer geometrischen Progression ab. Sind die Strahlen divergirend, so nimmt es auch noch überdieß in der Progression: $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$ rc., in den auf einander folgenden

homogenen, gleichen Schichten ab, und aus beyden Progressionen folgt, daß das Licht dann in der Progression: $1 - \frac{1}{x}$; $\frac{\left(1-\frac{1}{x}\right)^2}{4}$; $\frac{\left(1-\frac{1}{x}\right)^3}{9}$ u. s. w. abnehme.

Scherffer institutiones physicae, P. II. S. 416 ff. 306 ff.

§. 661. Um die Schwächung des Lichts beym Durchgange durch durchsichtige Mittel zu messen, dient ebenfalls das vorhin (§. 656.) erwähnte Rumfordsche Photometer. Minder genau und zuverlässig sind die von Bouguer und Lambert angestellten Versuche.

Graf von Rumford fand, daß das Licht einer Arganđischen Lampe beym Durchgange durch eine Tafel von hellem, durchsichtigem, gut polirtem Spiegelglase in dem Verhältnisse von 0,1864 zu 1,0000 geschwächt wurde, oder daß nur 0,8136 der ganzen Lichtmenge, die auf die Glasfläche fiel, durch das Glas hindurch ging. Nach einem Mittel mehrerer Versuche fand er den Lichtverlust 0,1973; bey einer andern Glastafel von derselbigen Glasart im Mittel 0,1869; durch beyde Glastafeln zusammen war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,3184. — Bey einer sehr dünnen reinen Tafel von hellem weißen Fensterglase war der Lichtverlust nach einer Mittelzahl 0,1263. — Die Durchsichtigkeit der Luft fand Hr. Gr. v. R. so groß, daß die Verminderung, welche das Licht beym Durchgange durch einige Fuße derselben erleidet, unbemerkbar war. Beym Durchgange durch sehr große Räume der Luft wird das Licht aber allerdings merklich geschwächt: die Berechnungen aber, welche Bouguer und Lambert angestellt haben, beruhen auf gar keinen sichern Datis.

Rumford's ob. angef. Abh. S. 43 ff.

Bouguer traité d'optique sur la gradation de la lumière, à Paris 1729. 12. 1760. gr. 4. *J. Henr. Lambert* photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Aug. Vind. 1760. 8.

v. Saussure's Diaphanometer. S. Gren's neues Journ. der Physik, B. IV. S. 101 ff.

v. Saussure's Kyanometer; Gilbert's Ann. V. S. 515. Kr."

§. 662. Durch undurchsichtige Körper wird das Licht in seinem Fortgange unterbrochen. Diese Unterbrechung des Lichts nennt man Schatten (Umbra), dessen Dunkelheit von der geringern oder größern Erleuchtung durch benachbarte erleuchtete Gegenstände herrührt. Schatten ist

daher Abwesenheit des Lichts oder Verminderung desselben; und jeder opake Körper hat so viele Schatten, als ihn leuchtende Körper erhellen. Der Schatten ist eigentlich keiner Bewegung fähig; und vollkommener Schatten ist nur durch seine Gränzen erkennbar.

„Fries (a. a.) setzt dem Eulerschen Vibrationssysteme entgegen, daß es nicht die Möglichkeit der Entstehung des Schattens gestatte, mithin denselben unerklärt lasse. Kr."

§. 663. Aus der gleichen Stärke zweyer Schatten, die ein und derselbige dunkle Körper von leuchtenden Körpern auf einerley dunkle Fläche wirft, und wovon also der dem einen Lichte zugehörige Schatten durch das andere Licht, und umgekehrt, erhellt wird, folgt die Gleichheit der Intensität der Erleuchtung durch beyde leuchtende Körper; und daraus läßt sich dann nach §. 657. weiter die Intensität des Lichts bey seinem Ausflusse finden. Hierauf gründet sich das Rumfordische Photometer.

§. 664. Nicht allein die Seite des dunkeln Körpers, auf welche keine Lichtstrahlen von einem strahlenden Punkte fallen, steht im Schatten, sondern jener wirft auch einen Schatten auf andre hinter ihm stehende Körper, da die Lichtstrahlen in gerader Linie fortgehen §. 653.)

§. 665. Aus der geradlinigen Ausbreitung des Lichts folgt: daß die Figur des Schattens von den äußern Lichtstrahlen, die an der Gränze des dunkeln Körpers zunächst vorbeystreichen, bestimmt werde; daß der Schatten des Körpers bey seinem Fortgange breiter werde, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkle; daß der Schatten des Körpers abnehme, wenn der Durchmesser des leuchtenden Körpers bey derselbigen Entfernung vom dunkeln Körper größer wird; daß der Schatten einer dunkeln Kugel cylindrisch sey, wenn sie gleichen Durchmesser mit der leuchtenden hat, und conisch, wenn sie beyde ungleichen Durchmesser haben; daß im letztern Falle der Schatten die Figur eines umgekehrten abgekürzten Kegels habe, und bey

seinem Fortgange unbegränzt sey und immer breiter werde, wenn der Durchmesser der dunkeln Kugel größer ist, als der leuchtenden; und endlich, daß der Schatten in eine Spitze auslaufe, wenn der Durchmesser der leuchtenden Kugel größer ist, als der dunkeln. Ferner ist die Länge des geraden Schattens auf einer horizontalen Ebene ohne Gränzen, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkle, und nicht höher steht, als der dunkle; steht er aber höher, als der dunkle, und ist er als ein Punkt zu betrachten, so ist die Länge dieses geraden Schattens begränzt, und verhält sich zur Perpendicularhöhe des dunkeln Körpers, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es sey (Fig. 59.) AB ein dunkler Körper, der auf der Horizontalebene AD vertical steht. In S sey ein leuchtender Punkt, der nun gegen die ihm zugekehrte Seite des Körpers AB Lichtstrahlen sendet. Die abgewendete Seite von AB steht aber dagegen im Schatten, und der Körper AB verhindert auch, daß in der Länge BC Licht auf die Horizontalebene BD falle. SAC ist der erste Lichtstrahl, der von S auf die Ebene fallen kann, und begränzt so die Länge des Schattens BC. Die Höhe des leuchtenden Punktes S über AB wird durch den Winkel SCB gemessen. Es verhält sich aber BC:1 : Tang. SCB = BC : AB, d. i., die Länge des Schattens zur senkrechten Höhe des Körpers, wie 1 zur Tangente der Erhebung des leuchtenden Punktes über den Horizont.

Es folgt hieraus, daß, wenn die Höhe des leuchtenden Punktes über der Horizontalebene, auf welcher der dunkle Körper senkrecht ist, 45° beträgt, die Länge des geraden Schattens gleich der perpendiculären Höhe des Objects ist.

§. 666. Von diesem wahren Schatten oder Kernschatten (§. 662 — 665.) ist noch der Halbschatten (Penumbra) zu unterscheiden, der zwischen Schatten und Licht liegt, wohin erleuchtende Strahlen nur von einigen Punkten des leuchtenden Körpers, nicht aber von allen, fallen können. Er findet daher Statt, so oft der leuchtende Körper einen merklichen Durchmesser hat, und ist um desto größer, je größer der scheinbare Durchmesser des leuchtenden Körpers gegen den des dunkeln Körpers ist.

Die Gränzen des Kernschattens sind da, wo, wenn sich das Auge daselbst befände, der leuchtende Körper von demselben ganz gesehen zu werden aufhören würde; und die Gränze des Halbschattens ist, da-

wo ein Theil des leuchtenden Körpers verdeckt zu werden anfängt. Es sey (Fig. 60.) Sſ die Sonne, AB der Durchschnitt einer auf der Horizontalebene BE senkrecht stehenden Mauer. So lange sich das Auge in ED befindet, kann es die Sonne ganz sehen; so wie es nach D kommt, wird der untere Rand ſ der Sonne die Gränze von A zu berühren scheinen, und hier fängt der Halbschatten an, der bis nach C reicht. Innerhalb CD kann zwar Licht von einigen, aber nicht von allen Punkten der Sonnenscheibe fallen, und zwar immer von desto wenigern, je näher der Raum gegen C zu liegt. In C ist die Gränze des Kernschattens, und ein Auge in C empfängt den äußersten Strahl von dem obern Rande S der Sonnenscheibe, und zwischen C und B kann es gar nichts mehr davon sehen. Der Halbschatten wird daher um desto dunkler, je naher er der Gränze des Kernschattens liegt, und verwischt sich um desto mehr, je näher er der Gränze der vollkommenen Erleuchtung kommt. Wird nun auch noch von andern Punkten zurückstrahlendes Licht auf die im Halbschatten liegende Fläche geworfen, so ist er auch wohl gar nicht mehr gehörig in seiner Gränze zu unterscheiden.

Aus diesem Halbschatten ist es herzuleiten, warum bey Mondfinsternissen vor der wirklichen Verfinsterung der Mond schwächer erleuchtet zu werden anfängt. Es sey (Fig. 61.) S die Sonne, T die Erde, L der Mond, AB ein Theil seiner Bahn um die Erde. Da der Durchmesser der Sonnenkugel größer ist, als der der Erdkugel, so ist der conische Kernschatten der letztern begränzt (§. 665.) und läuft in eine Spitze aus, wie PVp. Er wird begränzt durch die Strahlen MQV und mqV. Man ziehe nPA und NpB, so bestimmen diese die Gränze der anfangenden Halbschatten AD und BC. Wäre ein Auge in A, so würde es noch die ganze Sonnenscheibe zuletzt sehen, innerhalb AD und BC aber nur einen Theil derselben. So wie also der Mond in den Raum AD tritt, so empfängt er nicht mehr von der ganzen Sonnenscheibe, sondern nur von einem Theile derselben, Licht; er erscheint also minder erleuchtet, wird blässer oder dunkler, und dieß um desto mehr, je näher er nach D kommt, wo der wahre Schatten anfängt. Eben so ist es bey seinem Austritte aus dem wahren Schatten bey C, wo er immer heller zu werden anfängt, je näher er nach B kommt.

Die Länge des Kernschattens TV läßt sich bestimmen, wenn die Entfernung der Erde von der Sonne TS = po, und der Halbmesser Tp der Erde und Sm der Sonne bekannt sind. Die äußersten Strahlen MP und mp berühren beyde Kugeln und laufen in V zusammen. Wenn daher Sm und Tp auf der Tangente mpV senkrecht sind, und qo mit TS parallel ist, so sind die Dreyecke moq und pTV ähnlich, und es ist mo : oP (oder ST) = Tp : TV. mo aber ist = Sm − Tp.

Folglich ist $TV = \frac{Tp \times ST}{Sm - Tp}$; oder die Länge des Kernschattens der Erde ist gleich dem Producte aus dem Halbmesser der Erde in die Entfernung des Mittelpunkts der Sonne vom Mittelpunkte der Erde, dividirt durch die Differenz des Halbmessers der Sonne und der Erde.

Zurückstrahlung des Lichts.

§. 667. Die Lichtstrahlen, welche durch einen Körper in ihrem Fortgange aufgehalten, sonst aber davon nicht angezogen werden, werden wieder zurückgeworfen. Diese Veränderung der Richtung des Lichts, wodurch es wieder in das Mittel, aus welchem es kommt, zurückgeschickt wird, heißt die Zurückstrahlung oder Reflexion des Lichts (Reflexio lucis); und das allgemeine Gesetz derselben ist: daß der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist.

§. 668. Die physische Ursach der Zurückstrahlung des Lichts von Flächen ist die eigne Expansivkraft des Lichts selbst, beym Mangel der Anziehung zwischen der reflectirenden Fläche und der ganzen darauf fallenden Lichtmasse oder eines Theiles derselben. Die schief auffallenden Lichtstrahlen werden nicht eigentlich unter einem scharfen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht, deren erhabene Seite gegen die Fläche gekehrt ist.

Man hat diese Zurückstrahlung des Lichts nach den Gesetzen des Stoßes federharter Körper an harte Flächen (§. 299.) zu erklären gesucht, aber dabey offenbar die Expansivkraft oder eigentliche Ausdehnsamkeit mit der Federhärte (§. 126.) verwechselt. Newton (Opt. L. II. P. 3. prop. 9.) leitet weit natürlicher die Zurückwerfung des Lichts von eben derselbigen Ursach her, von der auch die Brechung abhängt, nur daß sie unter verschiedenen Umständen sich anders äußert. Dasjenige Licht nehmlich, das durch den Körper nicht hindurch geht oder von ihm nicht angezogen wird, wird durch die reflectirende Fläche so abgestoßen, als ob eine Repulsionskraft in dieser Fläche selbst wäre. Er zeigte auch, daß die schief auffallenden Lichtstrahlen nicht eigentlich unter einem spitzen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht werden, deren erhabene Seite gegen die Fläche zugekehrt ist. Ist diese Krümmung so stark geworden, daß die Lichttheilchen parallel gegen die Zurückstrahlungsfläche gehen, so kann es sich derselben nicht weiter nähern, sondern weicht nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte in eben der Bahn zurück, als es ankam, bis es, wenn es aus dem Wirkungskreise der Fläche getreten ist, nach der Tangente der Curve geradlinig, und, wie leicht einzusehen ist, unter eben dem Winkel gegen die reflectirende Fläche, als es ankam, zurückstrahlt. Der Strahl dringt desto tiefer in den Wirkungskreis der Repulsion ein, je gerader er auf der zurückstrahlenden Fläche steht.

Alles dieses läßt sich nun eben so erklären, wenn man annimmt, daß eine Expansivkraft die Lichtmaterie selbst afficirt, der, wenn sie nicht durch Bindung oder Einsaugung des Lichts von der Materie des Körpers ganz aufgehoben wird, desto mehr widerstanden wird, je näher das Lichttheilchen der Materie kommt, die nicht damit cohärirt. Bey dem schief einfallenden Strahle läßt sich nach der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte seine bewegende Kraft in eine perpendiculäre und parallele, in Ansehung der Fläche, auf welche er fällt, zerlegen. Es sey (Fig. 62.) LMNO ein solcher reflectirender Körper, LM seine reflectirende Fläche, Ai ein scharf darauf fallender Lichtstrahl. Der Bewegung des Lichttheilchens werde schon in CD von der Fläche LM zu widerstehen angefangen. Die Bewegung desselben in der Richtung Ai kann zerlegt werden in die Kräfte nach den Richtungen AP und Pi. Nur die Perpendiculärkraft Pi kann Widerstand erleiden, nicht die Parallelkraft AP. Je mehr nun das Lichttheilchen unterhalb CD sich der Fläche LM nähert, desto mehr wird seine Expansivkraft thätig, die es von LM zu entfernen strebt. Die Perpendiculärgeschwindigkeit Pi leidet desto mehr Verminderung, je näher das Lichttheilchen gegen LM kommt. Die parallele AP kann keine erleiden. Der Lichtstrahl beschreibt also eine Curve io. Ist das Lichttheilchen in o gekommen und seine vorige Perpendiculargeschwindigkeit Pi nun ganz aufgehoben, so würde es nach der mit der Fläche LM parallel laufenden Richtung fortgehen; die gegen LM aber thätig gewordene Expansivkraft treibt es wieder nach der Richtung hE=iP: und da sie immer um desto kleiner wird, je weiter sich das Lichttheilchen von LM entfernt, so beschreibt es von o an die andere Hälfte der Curve oh eben so, als es bey seiner Ankunft io beschrieb, und geht bey h, wo die Thätigkeit der Expansivkraft nicht weiter zunimmt, nach der Tangente hB geradlinig fort. Ai und Bh sind Tangenten der von dem Scheitel o der Curve gleich weit entfernten Punkte, und oi und oh sind gleich; daher sind auch die Winkel, welche die Tangenten Ai und Bi mit LM zu machen scheinen, oder ARL und BFM, gleich. Obgleich also das Licht nicht eigentlich unter scharfen Winkeln zurückgeworfen wird, so können wir doch in der Folge die Sache so betrachten, weil die Lichtstrahlen eben so zurückgeworfen werden, daß, wenn sie bis zur Berührung der reflectirenden Fläche verlängert würden, sie daselbst einen scharfen Winkel bilden würden.

Carol. Benvenuti Diss. de lumine, Rom. 1754. Vienn. 1761. 4.

§. 669. Wenn man daher einen Sonnenstrahl in einem finstern Zimmer mit einem gemeinen Spiegel auffängt, so findet man, daß der Strahl von dem Spiegel in gerader Linie unter eben dem Winkel wieder zurückgeht, welchen der auffallende Strahl mit dem Spiegel machte. Es sey (Fig. 63.) AB der Planspiegel. Der Strahl DC, welcher von dem leuchtenden Körper nach dem Spiegel hingeht, heißt der einfallende Strahl (Radius incidens); die gerade Linie, welche auf den Einfallspunkt C senkrecht

gegen den Spiegel gezogen werden kann, oder FC, heißt das Einfallsloth (Cathetus incidentiae); der Winkel DCF, welchen der einfallende Strahl mit diesem Einfallslothe macht, der Einfallswinkel (Angulus incidentiae); der Strahl CG, der vom Spiegel zurückgeht, der zurückgeworfene Strahl (Radius reflexus); und der Winkel GCF, welchen er mit dem Einfallslothe bildet, der Zurückstrahlungswinkel (Angulus reflexionis).

„Zum Theil auf die Theorie der Reflexion des Lichtes sich stützend, ist die Einrichtung des von *Gravesande* erfundenen und neuerlich von *Charles* verbesserten Heliostat's, mit dessen Hülfe der großen Unbequemlichkeit in optischen Experimenten ausgewichen wird, welche die Bewegung der Sonne hervorbringt. Es besteht aus einem metallenen ebenen Spiegel, welcher durch ein der Sonnenzeit angepaßtes Uhrwerk so bewegt wird, daß er immer die Sonnenstrahlen reflectirt und fixirt. — Schon vor fast 50 Jahren wurde in Martins Institute ein ähnliches Instrument beschrieben. Kr."

§. 670. 1) **Der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden und dem Einfallslothe in einerley Ebene. 2) Jeder perpendiculär auffallende Strahl wird von einer reflectirenden Ebene in sich selbst zurückgeworfen. 3) Jeder Punkt einer reflectirenden Ebene reflectirt das Licht von allen Punkten des leuchtenden oder erleuchteten Objects.**

§. 671. Aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 667.) folgt ferner, daß, wenn der reflectirende Körper eine ebene Fläche ist, die darauf fallenden parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen bey der Reflexion denselben Parallelismum, dieselbe Divergenz oder Convergenz behalten, die sie vor dem Einfallen hatten.

1) Es sey (Fig. 64.) AB eine reflectirende ebene Fläche, auf welche die parallelen Strahlen EC, ec auffallen. Da sie parallel sind, so sind auch ihre Einfallswinkel ECD und ecd gleich; unter eben solchen Winkeln aber werden sie zurückgeworfen. Da also die reflectirten Strahlen CF und cf eben die Winkel mit den Einfallslothen DC und dc machen, so sind sie auch noch, wie vorher, parallel.

2) Es sey (Fig. 65.) C ein strahlender Punkt, von welchem die divergirenden Lichtstrahlen CD und CF nach der ebenen Zurückstrahlungsfläche AB gehen. Da sie unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen, so wird der Strahl CD von D nach E,

und der Strahl GF von F nach G zurückgeworfen. Wenn wir nun diese reflectirten Strahlen rückwärts hinter der Ebene AB verlängern, so laufen sie in c zusammen, und der Winkel DcF ist gleich dem Winkel DGF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und nicht später aus einander, als sie es gethan haben würden, wenn sie von c ausgegangen wären und der Winkel ihrer Divergenz ist derselbige.

5) Es fahren (Fig. 66) die Strahlen ED und GF so gegen die reflectirende Ebene AB, daß, wenn diese nicht da wäre, sie zusammenlaufen würden. Sie werden davon aber unter dem Winkel reflectirt, unter welchem sie auffielen, und der Strahl ED geht nach f, der Strahl GF auch nach f. Wenn wir die einfallenden Strahlen in Gedanken hinter der Fläche AB verlängern, so laufen sie in C zusammen und bilden den Winkel der Convergenz DCF gleich dem Winkel DfF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und später zusammen, als ohne die Reflexion. Ihre Convergenz bleibt also dieselbige.

§. 672. Wenn aber auch die reflectirende Fläche nicht eben, sondern krumm, z. B. sphärisch ist, so läßt sich aus diesem allgemeinen Gesetze der Reflexion der Weg der reflectirten Strahlen ebenfalls bestimmen, da man die Elemente dieser Fläche als aus unendlich kleinen einen Winkel einschließenden geraden Flächen bestehend ansehen kann, und ein Lichtstrahl nur auf einen Punkt fällt.

§. 673. 1) Der Lichtstrahl, welcher auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fällt und durch den Mittelpunkt der Kugel geht, wovon die Fläche einen Theil begränzt, wird in sich selbst zurückgeworfen, da er senkrecht darauf steht. 2) Lichtstrahlen, welche parallel mit einander auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fallen, und der Achse der Fläche unendlich nahe sind, nähern sich nach der Reflexion und vereinigen sich in einem Punkte, welchen man den Brennpunkt oder Vereinigungspunkt paralleler Strahlen, oder auch schlechtweg den Brennpunkt (Focus) nennt. Diese Strahlen treffen in der Entfernung des halben Halbmessers der Kugelfläche zusammen. Diese Entfernung heißt die Brennweite (Distantia focalis). 3) Wenn aus dem Brennpunkt divergirende Strahlen nach der concaven sphärischen Fläche zu gehen, so werden sie alle parallel zurückgeworfen werden; folglich wird das Licht dadurch auf eine große Weite ungeschwächt fort-

gepflanzt. 4) Ueberhaupt werden divergirende Strahlen von dieser Fläche als weniger divergirend, oder als parallel, oder als convergirend zurückgeworfen, je nachdem die Entfernung des strahlenden Punktes von der Fläche kleiner oder größer ist. Convergirende Strahlen aber werden als mehr convergirend zurückgeworfen. 5) Wenn endlich die auffallenden Strahlen bey dieser concaven sphärischen Fläche aus dem Mittelpunkte der Kugelfläche kommen, so werden sie alle in sich selbst zurückgeworfen, da sie alle auf der Fläche senkrecht stehen. Wenn wir die Distanz des strahlenden Punktes von der reflectirenden hohlen sphärischen Fläche d, den Radius der Krümmung dieser Fläche r nennen, so ist in allen Fällen die Entfernung des Vereinigungspunktes der darauf fallenden Strahlen, nach der Reflexion von der Fläche $x = \frac{dr}{2d - r}$.

1) Alle diese Sätze lassen sich leicht aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§ 667.) herleiten, und es läßt sich durch Zeichnung und Rechnung der Weg der Lichtstrahlen bey der Reflexion bestimmen. Es sey z. B (Fig 67) DBd eine concave sphärische reflectirende Fläche, C das Centrum dieser Kugelfläche; CB der Radius der Krümmung der Fläche, A der strahlende Punkt, und seine Entfernung von der reflectirenden Fläche AB. Der Strahl AB geht durch den Mittelpunkt C der Krümmung; er steht folglich senkrecht auf der Fläche DBd, und wird also in sich selbst reflectirt. Es gehen nun Strahlen AD und Ad nach der Fläche, so werden diese unter dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Man ziehe deßhalb die Einfallslothe CD und Cd, und mache den Winkel CDF = CDA, ingleichem CdF = CdA, so sind DF und dF die reflectirenden Strahlen, die sich in F vereinigen, und F ist also der Vereinigungspunkt dieser Strahlen. Um nun des Punktes F Abstand BF = x von der concaven sphärischen Fläche durch Rechnung zu bestimmen, und eine Formel dazu zu finden: so wollen wir setzen, daß der Strahl AD der Achse AB unendlich nahe komme, oder daß der Bogen BD unendlich klein sey, und FB wird für FD und AB für AD genommen werden können. Da die Winkel CDA und CDF gleich sind, so ist (aus trigon. Gründen) AD : DF = AC : CF. Da wir nun AD = AB = d, und DF = BF = x nehmen, und BC = r gesetzt wird: so ist AC = d − r, FC = r − x. Wenn wir nun dieß in der vorigen Formel substituiren, so haben wir das Verhältniß: d : x = d − r : r − x, woraus wir dr − dx = dx − rx, oder dr = 2dx − rx, und $\frac{dr}{2d - r} = x$, als die gesuchte Größe, erhalten: oder die Entfernung des Vereinigungspunktes FB =

$\frac{AB \times BC}{2AB - BC} = \frac{AB \times BC}{AB + AC}$, was allgemein die Distanz des Vereinigungspunktes von den hohlen Kugelflächen ausdruckt.

2) Wenn AB oder d, d. i. die Entfernung des leuchtenden Punktes, so groß ist, daß der Radius BC der reflectirenden Kugelfläche, als unendlich klein, dagegen verschwindet, so wird AB = AC gesetzt werden können; dann verwandelt sich die vorige Formel: $x = \frac{dr}{2d - r}$, in $\frac{\infty r}{2\infty} = \frac{1}{2}r$, oder $FB = \frac{AB \times BC}{2AB} = \frac{BC}{2}$, oder der Brennpunkt ist um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche von derselben entfernt. Wenn also die Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist die Entfernung des strahlenden Punktes in Vergleichung mit dem Radius der Kugelfläche für unendlich groß zu halten, und der Vereinigungspunkt dieser parallel einfallenden Strahlen nach der Reflexion ist $\frac{1}{2}r$. Es seyen also (Fig. 68) GK, DE, dg parallel auf die hohle Kugelfläche AB einfallende Strahlen, so wird der Strahl DE in sich selbst zurückgeworfen, da er durch das Centrum C der Kugelfläche geht; der Strahl GK wird nach f, und der Strahl dg auch nach f zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunkt oder Focus ist f, dessen Abstand von der Kugelfläche $fE = \frac{1}{2}CE = \frac{1}{2}r$ ist, wo r den Radius der Krümmung ausdruckt. — Eigentlich kommen nur diejenigen Strahlen in einem Punkte hier zusammen, die der Achse DE unendlich nahe sind; die weiter davon entfernten vereinigen sich immer in einem etwas näher am Spiegel liegenden Punkte mit der Achse, weil bey parallelen Strahlen zwar fK = fC (wie man leicht einsieht, wenn man KC zieht); aber nur bey unendlich nahen Strahlen kann man Ef = Kf (also $EF = \frac{1}{2}EC$) setzen: hat KE eine merkliche Größe, so ist in der That Ef < Kf, also auch $Ef < \frac{1}{2}EC$.

3) So lange die Distanz des strahlenden Punktes von der reflectirenden hohlen Kugelfläche oder AB (Fig. 67.) größer ist, als der Radius der letztern, oder als BC, so lange bleibt der Vereinigungspunkt F der Strahlen innerhalb des Mittelpunktes C und der reflectirenden Fläche enthalten. Denn wenn AB > BC (oder d > r), so ist 2AB — BC > AB (oder 2d — r > d), weil 2AB — AB = AB (oder 2d — d = d). Da nun $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$ $\left(\text{oder } x = \frac{dr}{2d - r}\right)$, und $BC = \frac{AB \times BC}{AB}$ $\left(\text{oder } r = \frac{dr}{d}\right)$: so ist auch FB < BC oder x < r; oder die Distanz des Vereinigungspunktes der reflectirten Strahlen ist kleiner, als der Radius.

4) Wenn AB = BC oder d = r wird, so wird die Formel $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$ in $\frac{BC^2}{2BC - BC} = BC$, oder $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{r^2}{2r - r} = r$ verwandelt. Dieß heißt: Die Strahlen, die aus dem Mittelpunkte

der Kugelfläche gegen dieselbe fahren, werden in sich selbst zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunkt ist das Centrum der Kugelfläche selbst.

5) Wenn der strahlende Punkt im Brennpunkte paralleler Strahlen (2), oder wenn $AB = \frac{BC}{2}$, oder $d = \frac{1}{2} r$ ist: so wird in der vorigen Formel (1) $2AB - BC = 0$ oder $2d - r = 0$; und dann ist der Focus, oder FB, $= \frac{AB \times BC}{0}$, oder $x = \frac{dr}{0}$. Es verhält sich aber $0 : BC = AB : \infty$, oder $0 : r = d : \infty$; folglich ist FB oder $x = \infty$. Das heißt: Die Strahlen laufen gar nicht, oder in der unendlichen Entfernung nach der Reflexion zusammen, oder sie werden parallel zurückgeworfen. Wenn also (Fig. 68) BA ein sphärischer Hohlspiegel, und dessen Radius CE ist, und es befindet sich in f in der Entfernung von $\frac{1}{2}$ Ec von der Spiegelfläche, als dem Brennpunkte paralleler Strahlen, ein strahlender Punkt, so werden die Strahlen fK und fg durch Reflexion KG und gd parallel mit der Achse ED.

6) Wenn AB oder d (1) kleiner ist als $\frac{1}{2}$ BC oder $\frac{1}{2}$ r, oder $2d < r$, d. h., wenn die Entfernung des strahlenden Punktes von der hohlen sphärischen Fläche kleiner ist, als der halbe Radius, oder als die Brennweite paralleler Strahlen: so wird EB oder x in der Formel zu einer negativen Größe, und die reflectirten Strahlen werden divergirend, und wieder rückwärts in Gedanken verlängert hinter der reflectirenden Fläche zusammenfahren. So ist es nach Fig. 69. Es sey AF eine sphärische reflectirende concave Fläche; der strahlende Punkt sey in d, und seine Entfernung von der Fläche sey kleiner, als $\frac{1}{2}$ CB, oder kleiner als FB; es gehen von ihm die divergirenden Strahlen dg und dh nach der Fläche hin; man ziehe die Einfallslothe Cg und Ch, und nehme die Winkel CgK und Chl so groß als dgC und dhC: so sind gK und hl die reflectirten Strahlen, die divergirend sind und so auseinander fahren, als ob sie von dem Punkte D hinter der Fläche herkämen. Da der Winkel $gDh < gdh$, so ist auch die Divergenz der reflectirten Strahlen kleiner, als die der einfallenden.

Divergirende Strahlen werden also bey dieser Reflexion nach der verschiedenen größern oder kleinern Entfernung des strahlenden Punktes von der concaven sphärischen Fläche entweder convergirend (Fig. 67.), oder parallel (Fig 68.), oder in ihrer Divergenz vermindert (Fig. 69.)

Wenn (Fig. 69.) die convergirenden Strahlen Kg und lh auf diese Fläche fallen, so werden sie durch Reflexion in d zusammenlaufen. Ohne Reflexion würden sie es in D gethan haben. Da nun der Winkel $gdh > gDh$, so ist ihre Convergenz vermehrt.

§. 674. **Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Ellipse hat, und der strahlende Punkt steht in dem einen Brennpunkte dieser elliptischen Krüm-**

mung, so werden die divergirenden Strahlen durch die Reflexion alle nach dem andern Brennpunkte der Ellipse hingeworfen.

§. 675. Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Parabel hat, so werden alle Strahlen, welche mit der Achse parallel auf diese Fläche fallen, durch die Reflexion genau in dem Brennpunkte der Parabel gesammelt; und die aus diesem Brennpunkte auf die Fläche gehenden divergirenden Strahlen werden durch Reflexion zu parallelen.

§. 676. Bey convexen reflectirenden sphärischen Flächen verhält es sich mit den nicht senkrecht auffallenden reflectirten Strahlen umgekehrt wie bey den hohlen Kugelflächen (§. 673.). 1) Parallel auffallende laufen nach der Reflexion aus einander, und werden solchergestalt zerstreuet und divergirend. Die reflectirten Strahlen, rückwärts in Gedanken verlängert, treffen in einem eingebildeten Brennpunkte zusammen, der auch um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben liegt. 2) Convergirende Lichtstrahlen, welche verlängert in diesem eingebildeten Brennpunkte zusammentreffen würden, werden natürlicher Weise von der Kugelfläche als parallel reflectirt. 3) Ueberhaupt wird die Convergenz der darauf fallenden convergirenden Strahlen nach der Reflexion vermindert; und 4) die Divergenz der divergirend darauf fallenden nach der Reflexion vermehrt. Wenn wir den Abstand des strahlenden Punktes von der reflectirenden convexen sphärischen Fläche d, den Radius ihrer Krümmung r nennen, so ist die Distanz des Vereinigungspunktes hinter der Kugelfläche

$$x = \frac{dr}{2d + r}.$$

Es sey nehmlich (Fig. 70.) ba eine convexe sphärische Fläche, ihr Centrum C, der Radius ihrer Krümmung AC = r. Der strahlende Punkt befinde sich in O. Der Strahl AO steht senkrecht auf der Fläche ab, denn verlängert würde er C oder den Mittelpunkt der Kugelfläche treffen; er wird also in sich selbst zurückgeworfen. Dieser Achse OA der Kugelfläche unendlich nahe falle der Strahl OI auf die Fläche.

Man ziehe das Einfallsloth CIQ, so bestimmt dieß den Winkel OIQ; man mache damit den Winkel QIR gleich, so ist der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel, und IR ist der Weg des reflectirten Strahls. Verlängert man diesen rückwärts von I nach F, so wird er mit dem ebenfalls verlängerten OA in F zusammentreffen, und F ist also der Vereinigungspunkt der Strahlen hinter der reflectirenden Fläche.

Um nun eine allgemeine Formel für die Entfernung dieses Punktes zu finden verfährt man, wie bey den concaven sphärischen Flächen (§. 673. Anm.) geschehen ist. Die Scheitelwinkel RIQ und CIF sind gleich; und da RIQ = OIQ ist, so ist auch OIQ = CIF; und die Winkel OIQ und CIO haben einerley Sinus. Da wir den Strahl IO der Achse AO unendlich nahe nehmen, so können wir auch IO = AO und FI = FA setzen; AO aber ist der Abstand des leuchtenden Punktes von der Fläche ab und = d. Es sey ferner AC = r, und die Entfernung des Vereinigungspunktes FA = x: so ist OC = d + r, IF = AF = x, CF = r − x. In dem Dreyecke ICO ist IO : CO = sin. ICF : sin. CIO (oder sin. QIO = sin. CIF). Ferner ist in dem Dreyecke CIF, IF : CF = sin. ICF : sin. CIF. Es ist diesem nach IO : CO = IF : CF. Substituiren wir dafür den angenommenen Werth dieser Ausdrücke, so haben wir $d : d + r = x : r - x$. Hieraus erhalten wir $dr - dx = dr + rx$,

$$\text{und } x = \frac{dr}{2d + r}, \text{ oder } FA = \frac{AO \times CA}{2AO + CA}.$$

Man sieht leicht, daß der Vereinigungspunkt immer innerhalb des Centrums C und der Fläche ab fallen müsse, der Werth von d oder AO mag werden, wie er will (wofern er nur positiv bleibt, welches, wenn O ein wirklicher strahlender Punkt bleibt, nicht anders seyn kann). Die converen sphärischen Spiegel haben also nur einen eingebildeten Vereinigungspunkt für divergirende und parallele Strahlen, die Strahlen mögen kommen, wie sie wollen. Wird AO oder d unendlich groß in Vergleichung mit r, oder werden die einfallenden

Strahlen mit der Achse parallel, so ist $x = \frac{\infty r}{2\infty} = \frac{r}{2} = \frac{1}{2} r$, und

die reflectirten Strahlen, rückwärts in Gedanken verlängert, treffen in der Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben zusammen (Fig. 71.), und dann heißt F eigentlich der eingebildete oder negative Brennpunkt. Gehen die Strahlen umgekehrt als convergirende so, daß sie nach diesem Brennpunkte zu gerichtet sind, wie ti und RI (Fig. 71.), so werden sie durch Reflexion zu parallelen.

Ist die Convergenz der Strahlen noch größer, so daß sie noch vor dem Brennpunkte der parallelen Strahlen zusammentreffen würden, wie (Fig. 70.) RI und OA, so werden sie wenigstens in der Convergenz vermindert: denn IOA < RFO.

„Der von Malus gemachten Entdeckung zu Folge, wird das von der Oberfläche der Körper reflectirte Licht polarisirt, d. i., in zwey nach abweichenden Richtungen fortgehende Strahlenbündel gespalten, ohne dabey gefärbt zu werden, wenn es unter einem, für jede besondere reflectirende Materie genau bestimmten Winkel einfiel. — Wir werden auf diese und die ihnen verwandten merkwürdigen Eigenschaften des Lichtes späterhin zurückkommen. Kr."

§. 677. Eine jede Fläche, welche recht glatt oder polirt ist und das Licht ordentlich reflectirt, heißt ein Spiegel (Speculum). Jeder sichtbare Körper reflectirt zwar das Licht, weil er sonst nicht sichtbar wäre: aber weil die Theilchen gegen einander eine sehr mannigfaltige Lage haben, so reflectiren sie das Licht nicht ohne Verwirrung, und es thut nicht ein Punkt, wie der andere, wie ein eigentlicher Spiegel thun muß.

§. 678. Indessen giebt es keinen vollkommenen oder mathematischen Spiegel, dessen Oberfläche gar keine Unebenheiten oder Vertiefungen hätte. Ein solcher Spiegel würde nicht sichtbar seyn, sondern an seiner Stelle die Bilder der Körper, von welchen er Erleuchtung erhält

§. 679. Die Materien, woraus die Spiegel zum optischen Gebrauch verfertigt werden, können mancherley seyn. Man wählt aber dazu gewöhnlich solche Stoffe, denen man nicht allein eine bequeme Gestalt leicht geben, sondern deren Oberfläche durch Schleifen und Poliren glatt genug gemacht werden kann. Das Glas läßt sich zwar fein und glatt poliren und durch **Belegung** auf der andern Seite völlig undurchsichtig machen, aber es wird auch wegen der dadurch entstehenden doppelten Abbildung der Sachen wieder untauglich. Eigentlich sind alle gläserne Spiegel Metallspiegel, denn die Metallfläche der Belegung spiegelt eigentlich. Die metallenen Spiegel würden daher Vorzüge haben, wenn man sie nicht aus unedlen Metallen zu machen durch die Umstände genöthigt wäre, wo sie aber dem Anlaufen an der Luft und durch Dünste ausgesetzt sind. Das reine Platin würde in dieser Rücksicht alle Vorzüge in sich vereinigen, da es hart genug ist, um eine feine Politur anzunehmen, ohne dem Anlaufen an der Luft unterworfen zu seyn. Silber und Gold nehmen wegen ihrer Weiche nicht Politur genug an. Indessen überzieht man doch auch andere harte und polirte Körper mit Blattgold oder Blattsilber, und giebt ihm durch Poliren die Spiegelfläche.

Anweisung, die beste Composition zu den metallenen Spiegeln der Telescope zu machen, von J. Mudge, a. d. *philos. transact.* Vol. LXVII. P. I. S. 296., übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch B. I. S. 584. — „Ueber verschiedene Compositionen zu Metallspiegeln vergl. Prechtl's ag. Chemie II. und D. Gewerbsfreund. B. II. und III. Kr."

Das Glas, das zu Spiegeln genommen wird, muß auf der hintern Fläche eben so gut, als auf der vordern, und zwar noch genauer geschliffen und polirt seyn, weil die hintere Fläche eben wegen der Zurückstrahlung von dem Metalle der Belegung das Bild hervorbringen hilft. Ist diese hintere Fläche rund und uneben, so ist es auch das darauf liegende Metall, und dann wird die Regelmäßigkeit der Zurückstrahlung gestört. Wenn gleich das Glas sehr durchsichtig ist, so ist es doch nicht in allen Punkten durchsichtig; es wirft allerdings einen Theil des darauf fallenden Lichts von seiner vordern Fläche und von seiner innern Masse zurück. Daher spiegelt auch die vordere Fläche der gläsernen Spiegel, und macht Bilder, obgleich weit schwächere, als die hintere belegte Fläche. Diese Bilder decken sich zwar einander, wiewohl nicht vollkommen, und der weit stärkere gleichzeitige Eindruck des weit lebhaftern Bildes von der hintern Fläche verwischt den des weit schwächern von der vordern Fläche; immer aber entsteht doch dadurch einige Undeutlichkeit, die besonders an den Rändern und Säumen der Bilder wahrzunehmen ist. Dickere gläserne Spiegel sind aus der angeführten Ursach, bey übrigens gleichen Umständen, nicht so gut, als dünnere. Dieses doppelte Bild von gläsernen Spiegeln läßt sich am besten an einer Lichtflamme wahrnehmen, die davor ist, wenn man von der Seite gegen den Spiegel sieht.

§. 680. Eben weil kein Spiegel ein vollkommener Spiegel ist, so wird auch bey der Reflexion von demselben immer ein Theil des Lichts zerstreuet, und geht solchergestalt für die regelmäßige Zurückstrahlung verlohren. Dieser Theil ist desto größer, je unvollkommener der Spiegel ist.

Graf von Rumford fand durch seine photometrischen Versuche den Lichtverlust bey der Reflexion vom besten Ramsdenschen gläsernen Planspiegel 0,3494 der ganzen darauf fallenden Lichtmasse; bey einem ganz gemeinen Glasspiegel gar 0,4816 (a. a. O. S. 47.).

§. 681. Sonst sind die Spiegel in Rücksicht ihrer Figur entweder **ebene Spiegel** (Specula plana) oder **krumme Spiegel** (Specula curva); die letztern entweder **convexe** (Specula convexa) oder **concave** (Specula concava), und zwar nach der Verschiedenheit ihrer Krümmung entweder sphärische oder elliptische, parabolische, hyperbolische, cylindrische, conische. Von der Zurückstrah-

lung der Lichtstrahlen von diesen Spiegeln gilt alles das, was wir oben von den reflectirenden Flächen gesagt haben.

§. 682. Wenn vor einen vertical stehenden Planspiegel (§. 681.) ein erleuchtetes oder leuchtendes Object gestellt wird, so sieht das Auge das Bild dieses Gegenstandes (imago objecti) hinter dem Spiegel; und zwar sehen wir das Bild eines Punktes in diesen Planspiegeln da, wo der rückwärts verlängerte reflectirte Strahl die Perpendikellinie vom Punkte auf und durch den Spiegel gezogen durchschneidet; oder eigentlicher: wir sehen jeden Punkt des Objects hinter dem Spiegel da, wo die reflectirten Strahlen von zwey einfallenden divergirenden des Punktes rückwärts verlängert sich durchschneiden. Denn hier kommt die Spitze des verlängerten Lichtkegels zu stehen, welcher seine Grundfläche auf der Pupille unsers Auges hat.

Es sey (Fig. 72.) C ein strahlender Punkt vor dem Planspiegel AB. Er sendet Lichtstrahlen nach allen Richtungen um sich her: es fällt also auch unter andern ein Strahl Cb auf den Planspiegel in b, und ein Strahl Cf in f auf, die wir als die äußern des Strahlenkegels bCf ansehen wollen. Beyde Strahlen werden unter eben den Winkeln reflectirt, unter denen sie auffielen; und der Strahl Cb wird nach g, der Strahl CF nach h geworfen. — gh sey die Pupille des Auges, die die Grundfläche des abgestumpften Strahlenkegels bfgh empfängt. Verlängern wir die reflectirten Strahlen bg und fh rückwärts hinter dem Spiegel, so schneiden sie sich in F; und hier ist der Ort des Bildes. Es empfängt nehmlich das Auge den Strahlenkegel, der vom dem Spiegel zurückgeworfen wird, eben so, als ob seine Spitze in F wäre, und er afficirt das Organ eben so, und nicht anders; folglich erzeugt sich in uns das Urtheil, als ob der strahlende Punkt in F wäre, oder wir setzen den strahlenden Punkt nach F hin. Da die Divergenz der Strahlen von ebenen reflectirenden Flächen nicht geändert wird (§. 671.), so werden auch die hinter dem Spiegel verlängerten reflectirten Strahlen nicht früher oder später sich schneiden, als bC und fC rückwärts genommen; oder die Convergenz derselben in F wird dieselbige seyn, als die Divergenz der einfallenden in C war: folglich liegt F so weit hinter dem Spiegel, als C davor ist, und der Ort des Bildes ist da, wo die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen von zwey divergirend einfallenden eines strahlenden Punktes sich durchschneiden würden.

Oder man ziehe vom strahlenden Punkte C die Perpendicularlinie Ca auf den Planspiegel AB, und verlängere sie hinter dem Spiegel. Die reflectirten Strahlen gh und hf, ebenfalls hinter dem Spiegel verlängert, durchschneiden jene Perpendikellinie in F. Da die bey a rechts-

winkligen Dreyecke Cab, Fab die Seite ab mit einander gemein haben, und der Winkel abF = Bbg = Cba: so ist auch aF = aC, oder der reflectirte Strahl bg schneidet bey seiner Verlängerung das Perpendikel CaF in einem Punkte F, der so weit hinter dem Spiegel ist, als der strahlende Punkt C davor liegt. Eben dieß gilt von jedem andern von C kommenden reflectirten Strahle, wie fh. Hier in F ist also der Ort des Bildes vom Punkte C; folglich kann man auch sagen: Der Ort des Bildes hinter dem Planspiegel ist da: wo die Perpendikellinie vom strahlenden Punkte auf den Spiegel gezogen, und dahinter verlängert, vom rückwärts reflectirten Strahle durchschnitten wird.

Diese letztere Regel kannten die ältern Optiker schon. Sie zeigt uns indessen keinen physischen Grund an, warum das Auge das Bild des Punktes C in F sieht; und ist also im Grunde nur eine Formel, den Ort des Bildes im Planspiegel durch Zeichnung zu bestimmen. Die erstere Regel hingegen enthält zugleich einen physischen Grund. (Barrow (lectiones opticae; Lond. 1674. 4.) hat sie zuerst deutlich entwickelt. Sie läßt sich auch auf krumme Spiegel anwenden, da die Regel der Alten nur für Planspiegel allein gilt.

Da wir Planspiegel auch für solche sphärische Hohlspiegel ansehen können, deren Radius unendlich groß ist, so läßt sich auch die oben (§ 673. Anm.) angeführte allgemeine Formel für den Vereinigungspunkt der reflectirten Strahlen anwenden. Da nehmlich $r = \infty$ gesetzt werden muß, so verwandelt sich die Formel $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{d\,\infty}{-\infty} = -d$. aF (Fig. 72.) ist also gleich aC, und steht wegen des negativen Zeichens hinter dem Spiegel; oder die reflectirten Strahlen werden, rückwärts verlängert, in eben der Distanz hinter dem Spiegel zusammenlaufen, als der Punkt der Distanz vor dem Spiegel steht.

§. 683. Es läßt sich hieraus leicht darthun: 1) Warum das Bild im Planspiegel eben so weit dahinter ist, als das Object davor steht, und warum jenes sich diesem nähert, so wie dieses dem Spiegel näher rückt; 2) daß das Bild dem Objecte gleich und ähnlich seyn müsse; 3) daß die rechte Seite der Objecte im Bilde links, die linke rechts erscheinen müsse: 4) warum alle Personen das Bild des Objects hinter dem Spiegel an einem und eben demselben Orte sehen; 5) warum die Bilder nicht die Deutlichkeit oder Stärke des Lichts haben, als die Objecte selbst; und 6) warum ein Spiegel, worin ein Mensch sich ganz sehen soll, nur halb so groß und breit zu seyn braucht, als der Mensch.

1) Der erste Satz erhellet aus der Anm. zum vorigen §. 2) Der zweyte Satz wird aus §. 671. klar: denn weil der Planspiegel die Divergenz der darauf fallenden Strahlen nicht ändert, so sendet er die von den verschiedenen strahlenden Punkten, deren Stellung gegen einander

die Figur des Objects bestimmt, auf ihn fallenden Lichtkegel eben so bey der Reflexion zum Auge, als wie sie dieß von dem Objecte selbst empfangen würde, wenn das Object ohne den Spiegel eben so weit vom Auge entfernt wäre, als die Spitze des verlängerten Lichtkegels jedes Punktes vom Auge ist. 3) Der dritte Satz folgt natürlich daraus, daß z. B. das Bild unserer Person, wenn wir uns darin betrachten uns direct entgegensteht, daher unsere rechte Hand im Bilde zur linken werden muß, nehmlich nur in so fern, als wir das Bild auf unser Object beziehen. 4) Der vierte Satz ist eine Folge der Regeln des 682. §. und wenn das Object an seinem Orte bleibt, so bleibt für alle die einzelnen Lichtstrahlen, die vom Objecte auf den Spiegel, und von da zu den einzelnen Augen kommen, bey der Verlängerung der reflectirten Strahlen hinter dem Spiegel derselbige Durchschnittspunkt der Perpendikellinie, die vom Objecte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert werden kann; oder der Ort des Bildes bleibt unverändert. 5) Der fünfte Satz folgt aus der Unvollkommenheit aller unserer Spiegel (§. 680.), wodurch verursacht wird, daß wegen der vielfachen, obgleich unmerklichen, Vertiefungen und Erhöhungen nicht alles auf den Spiegel vom Objecte fallende Licht genau eben so wieder ins Auge reflectirt werden kann, als es das Auge vom Objecte selbst erhalten würde, sondern ein Theil anderswohin zerstreuet wird. Auch wird wohl nach der verschiedenen Natur der Spiegelmaterie mehr oder weniger Licht verschluckt, oder verliert seine Expansivkraft und Strahlung. 6) Der sechste Satz läßt sich durch Zeichnung leicht beweisen. Es sey (Fig. 73.) AB ein vertical stehender Planspiegel, vor welchem ein Object vertical steht. Die Linie CD stellt die senkrechte Höhe einer Person vor, deren Auge in O sey. Wir brauchen hier nur die Lage der Bilder des obersten und untersten Punktes von CD zu bestimmen. Es geht von C ein Strahl Cg nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel zurückgeworfen wird und nach O ins Auge gelangt. Dieser Strahl Og, rückwärts verlängert, durchschneidet das Einfallsloth Ce in c; und hier ist also der Ort des Bildes von C. Vom untersten Punkte D geht ein Strahl von D nach i auf den Spiegel, und gelangt durch Reflexion von i nach O ins Auge; und dieser verlängerte reflectirte Strahl durchschneidet das Einfallsloth Dd in d, wo also das Auge das Bild von D sieht. Was von diesen beyden äußersten Punkten des Objects gilt, gilt auch von allen dazwischen liegenden, und das Auge sieht das ganze Object im Bilde cd. Der Augenschein lehrt, daß nur der Theil des Spiegels AB, der zwischen g und i liegt, zur Reflexion der Strahlen, die von CD nach dem Spiegel kommen, und ins Auge O gelangen sollen, diene. ig ist aber nur $\frac{1}{2}$ CD, weil cd = CD, und Ca = ca, folglich Ga = $\frac{1}{2}$ Gc und gi = $\frac{1}{2}$ cd = $\frac{1}{2}$ CD. Was von der Höhe des Objects gilt, gilt auch von der Breite, und überhaupt bey jeder Entfernung.

§. 684. Ferner läßt sich daraus beweisen, warum in einem Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen den Horizont geneigt ist, die Bilder von horizontal darunter liegenden Objecten aufrechts und perpendiculär, die von perpendiculären aber horizontal erscheinen.

Der Perspectivkasten.

Es sey (Fig 74) CD ein Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel CDA gegen den Horizont AB gestellt ist; DE sey ein horizontal liegendes Object vor den Spiegel gestellt. Von dem Punkte E geht ein Lichtstrahl nach dem Spiegel in f, und wird reflectirt nach g. Man ziehe von E die Perpendikellinie auf den Spiegel und verlängere sie hinter dem Spiegel, Ee; man verlängere auch den reflectirten Strahl fg rückwärts hinter dem Spiegel, so schneidet er die Perpendikellinie Ee in e, und hier ist der Ort des Bildes vom Punkte E. Eben so fällt von D des Objects ein Strahl Dh nach dem Spiegel, und wird von h nach f reflectirt. Man ziehe auch von D die Perpendikellinie Dd hinter den Spiegel, und verlängere den reflectirten Strahl hi rückwärts, so schneidet er die Linie Dd in d; und hier ist der Ort des Bildes vom Punkte D. Was von den beyden äussersten Punkten D und E gilt, gilt von allen dazwischen liegenden; es entsteht also ein vertical stehendes Bild de vom horizontal liegenden Objecte DE.

Umgekehrt, wenn de das Object ist, so ist DE das Bild davon; und vertical stehende Objecte bilden sich also horizontal liegend ab.

Wie in einem solchen Spiegel eine Kugel auf einer geneigten Ebene darunter senkrecht in die Höhe zu steigen scheint?

Muschenbroek introd. T. II. §. 1989.

§. 685. Ingleichem, warum in einem horizontal liegenden Planspiegel die Objecte darüber oder darunter verkehrt, das Obere unten und das Untere derselben oben sich abbildet.

Beyspiele hierzu: Es sey (Fig. 75.) AB ein horizontal liegender Planspiegel, auf welchem das Object DE vertical steht. Das Auge befinde sich in i, so wird der Strahl, der von D nach h auf den Spiegel fällt und von da unter eben dem Winkel reflectirt wird, nach i ins Auge gelangen. Man verlängere diesen reflectirten Strahl hinter dem Spiegel, und verlängere auch die Verticallinie von D auf dem Spiegel, bis sie sich beyde in d schneiden, so ist d das Bild des Punktes von D. Der niedriger liegende Punkt F des Objects wird, wie man auf eine ähnliche Art finden kann, sein Bild in f machen. So entstehen von allen Punkten des Objects DE die Bilder derselben zwischen d und e, und es stellt sich also im Ganzen ein umgekehrt stehendes Bild de des Gegenstandes DE dar.

§. 686. In Planspiegeln, die schief gegen einander gesetzt werden, erscheinen die Objecte dazwischen vervielfältigt, wegen der vervielfältigten Reflexion; und zwar erscheinen sie so oft, weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. In parallel gegen einander über stehenden Spiegeln erscheint das Object, das gerade zwischen beyde gestellt wird, unzählige mal.

Hierher gehören die Winkelspiegel, die nach Art eines Buches geöffnet werden können. Das Bild eines dazwischen gestellten Gegenstandes erscheint bey einem Winkel der Spiegel

von 120	Graden	2	mal
90	.	3	.
72	.	4	.
60	.	5	.
$51\frac{3}{7}$	.	6	.
45	.	7	.
40	.	8	.
36	.	9	. u. s. w.

Es seyen (Fig. 76.) zwey Planspiegel AC und BC unter einem Winkel ACB = 45 Gr. an einander gefügt. Das Auge O sey selbst der strahlende Punkt und befinde sich zwischen den Spiegeln, so sieht es sich an den Stellen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 hinter den beyden Spiegeln, und zwar in einem Kreise, dessen Radius OC und dessen Mittelpunkt C ist. Das Auge O bildet sich hinter dem Spiegel BC in 1 ab, eben so weit dahinter, als es davor ist, so auch hinter dem Spiegel AC in 2. Jedes dieser Bilder können wir wieder als ein Object in Rücksicht des gegenüberstehenden Spiegels betrachten, hinter dem es sich so weit wieder abbildet, als es davor ist. So bildet sich also 1 hinter dem Spiegel AC in 3, 2 hinter dem Spiegel BC in 4, 3 hinter dem (bis b verlängerten) Spiegel BC in 5, 4 hinter dem (bis a verlängerten) Spiegel AC in 6, 5 hinter AC in 7 ab; das Bild von 6 ist mit dem von 7 eins, oder fällt damit zusammen, und 7 liegt in der geraden Linie, die von O durch den Mittelpunkt des Kreises C oder den Winkel der Spiegel gezogen werden kann, und kann sich also auf keinem Spiegel weiter abbilden.

Die Bilder des einen Spiegels sind freylich keine Objecte für den andern Spiegel in der That, und die in Gedanken verlängerten Spiegel Ca und Cb können keine Bilder wirklich machen, wie wir uns hier der mehrern Leichtigkeit wegen die Sache vorgestellt haben. Der wahre Grund der Vielfachheit der Bilder liegt in der vervielfältigten Reflexion des Lichts zwischen diesen Spiegeln, und darin, daß wir da ein Bild des Punktes hinsetzen, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommen muß, dessen Grundfläche die Pupille unseres Auges ist. Um dieß näher zu erläutern, wollen wir uns zwey Spiegel AC und BC (Fig. 77.) vorstellen, die unter dem Winkel von 72 Gr., BCA, an einander gefügt sind, und worin sich also das Object viermal abbilden wird. Das Object sey in F, die Pupille des Auges in f, das nun das Bild von F in 1, 2, 3, 4 sieht. Es geht nehmlich ein Lichtkegel Fih nach dem Spiegel BC, der durch Reflexion von ih nach der Pupille des Auges in f gelangt und das Urtheil erzeugt, daß er von 1 herkomme, wohin also die Seele das Bild von F setzt. Es fällt ferner ein Lichtkegel Fab auf den Spiegel AC und geht durch Reflexion von ab nach f zur Pupille des Auges, das nun das Bild des Punktes F nach 2 setzt, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommt. 2 macht ein Bild in 3, nicht deßwegen, weil es sich eben so weit wieder hinter dem verlängerten Spiegel BCD abbildete, als es davor ist, sondern weil in uns das Urtheil von dem Daseyn des Punktes F in 3 entsteht, da der Lichtkegel, der von F nach cd auf den Spiegel AC fällt, von da durch Reflexion auf den Spiegel BC in ge geworfen wird, und hier

wieder von ge nach der Pupille in f zurückstrahlt, und so ins Auge kommt, daß er bey der Verlängerung seine Spitze in 5 haben muß, oder als ob er von 5 herrührte. Das Bild in 4 entsteht auch nicht deßwegen, weil sich das Bild 1 hinter dem verlängerten Spiegel ACE so weit abbildete, als es davor ist, sondern weil ein Strahlenkegel von F nach no, von da durch Zurückstrahlung nach lm, und von da durch Zurückstrahlung nach der Pupille in f gelangt, und nun so ins Auge kommt, als ob er von 4 herrührte oder hier seine Spitze hätte. — Alle andere Strahlenkegel, die von dem unbewegten F nach beyden Spiegeln gehen, treffen nach den Zurückstrahlungen das Auge nicht, so lange es in f ist. — So ist es nun in allen andern Fällen dieser Spiegel.

Kaestner de multiplicatione imaginum ope duorum speculorum planorum; in den dissertationibus mathem. et phys. II. S. 8. *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. T. I. §§. 1995—1996.

Hierauf beruhet auch die Einrichtung der Spiegelzimmer, Spiegelcabinette und Spiegelkästen.

Gehler's physikal. Wörterbuch, Th. IV. S. 152 ff.

Von Abbildungen in Spiegeln, die einen äußern Winkel mit einander bilden, s. *Muschenbroek* a. a. O. §. 1992.

„Hieher gehören auch die sogen. Festungsspiegel, Strahlenkästchen und die Kaleidoscope (Schönfucker, Multiplicateur oder Transfigurateur), welche letztere verschiedentlich als *Triascope*, *Tetrascope* und *Hexascope* ꝛc. eingerichtet zu seyn pflegen; vergl. *Brewster's* u. A. Bemerk. in Gilbert's Annal. LIX. S. 541 u. ff. Kr."

§. 687. Vermittelst der durch Planspiegel reflectirten Lichtstrahlen können daher auch Gegenstände betrachtet werden, wenn auch die gerade Linie zwischen diesen und dem Auge von undurchsichtigen Körpern unterbrochen wird.

Hierher gehört: 1) das Perspectiv, durch ein dickes Bret zu sehen, oder das Zauberperspectiv (Tubus magicus). Gehler's phys. Wörterbuch. Th. IV. S. 845 ff.

2) Das *Hevelsche* Polemoscop, der Wallgucker, Operngucker (Polemoscopium). *Muschenbroek* a. a. O. §. 1997. Gehler a. a. O. Th. III. S. 539.

§. 688. Aus der Reflexion der Lichtstrahlen von den Kugelflächen (§. 672—676.), und aus dem Satze, der auch auf krumme Spiegel anzuwenden ist: daß das Bild eines strahlenden Punktes in einem Spiegel da liegt, wo von zwey unendlich nahe einfallenden divergirenden Strahlen die reflectirten sich durchschneiden (§. 682.), läßt sich nun auch bestimmen, wie die sphärischen Spiegel Bilder machen.

§. 689. Man kann hieraus leicht finden:

1) Warum ein Gegenstand in einem hohlen Kugelspiegel gar kein Bild macht, wenn er sich im Brennpunkte des Spiegels befindet;

2) Warum das Bild aufrechts hinter dem Spiegel und größer als der Gegenstand erscheint, wenn sich dieser zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel befindet;

3) Warum das Bild um desto weiter hinter dem Spiegel, und desto größer erscheint, je näher der Gegenstand nach dem Brennpunkte des Spiegels zurücktritt;

4) Warum die Bilder verkehrt und vergrößert werden, und ein Luftbild darstellen, das weiter vom Spiegel fällt, als der Gegenstand davor ist, wenn der Gegenstand zwischen dem Brennpunkte und dem Mittelpunkte der Kugelfläche steht;

5) Warum das umgekehrt stehende Luftbild Größe und Entfernung des Gegenstandes erlangt, wenn der Gegenstand im Mittelpunkte der Kugelfläche steht;

6) Warum diese umgekehrten Luftbilder kleiner werden und dem Spiegel näher liegen, als der Gegenstand, wenn der Mittelpunkt der Kugelfläche zwischen den Gegenstand und den Spiegel fällt;

7) Warum endlich das Object, bey manchen Stellungen, im Spiegel verzerrt dargestellt wird, weil nehmlich die Entfernung und Lage der Punkte des Objects oft ein ganz anderes Verhältniß haben, als die Entfernung und Lage ihrer Abbildungen.

Muschenbroek a. a. O. 2011 — 2025.

2) Es sey (Fig. 78.) ab ein sphärischer Hohlspiegel, sein Centrum C, sein Brennpunkt F; und in diesem Brennpunkte stehe ein strahlender Punkt: so wird der Strahlenkegel Fgh bey der Reflexion zum Strahlencylinder, und alle von F divergirend auffallende Strahlen werden zu parallelen (§. 675.). Das Auge in Q oder sonst wo, das einen sol-

chen Strahlencylinder empfängt, kann kein Bild des Punktes von F empfinden, weil der Strahlencylinder keine Spitze hat.

2) Es sey (Fig. 79.) der Gegenstand DE zwischen dem Brennpunkte F und dem Spiegel ab, dessen Mittelpunkt C ist. Der oberste Punkt D des Objects wirft einen Strahlenkegel Dgh nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel reflectirt wird und nach Q ins Auge gelangt. Er kommt so ins Auge, als ob er seine Spitze in d hätte; und hierher setzt das Auge das Bild d des Punktes D. Vom untersten Punkte E geht ein Strahlenkegel Eik nach dem Spiegel, und durch Reflexion nach Q so, als ob er von e hinter dem Spiegel herkäme, wohin also unser Auge das Bild e vom Punkte E setzt. Da die Punkte d und e im Bilde weiter aus einander liegen, als im Objecte D und E, so sehen wir das Bild größer, als den Gegenstand. Der Grund davon liegt in der Abnahme der Divergenz der Strahlen bey der Reflexion (§. 673. 4.)

3) Je näher der Gegenstand DE (Fig. 79.) dem Brennpunkte F tritt, um desto mehr nimmt die Divergenz der reflectirten Strahlen ab; desto später laufen sie bey der Verlängerung hinter dem Spiegel zusammen; desto weiter ist also die Spitze der Strahlenkegel, die das Auge empfängt, von der Grundfläche entfernt: desto weiter fällt also das Bild hinter den Spiegel; und desto weiter liegen die äußersten Punkte d und e aus einander: folglich desto mehr wird es vergrößert, bis es endlich unendlich groß in einer unendlichen Entferung wird, d. h., ganz verschwindet, wenn die strahlenden Punkte um die Brennweite entfernt sind (1).

4) Es sey der mit der Spiegelfläche concentrische Gegenstand DE (Fig. 80.) so weit davon entfernt, daß er zwischen dem Brennpunkte F und dem Centro C des Spiegels ab stehe. Der oberste Punkt D wirft einen Strahlenkegel Dgh auf den Spiegel, dessen Strahlen unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Sie werden dadurch in ihrer Divergenz vermindert, und laufen in d zusammen. So werden auch die Strahlen des Lichtkegels Eik durch Reflexion wieder zusammenlaufend in e. Wäre nun ein Auge in e oder d, so würde es freilich kein Bild von den Punkten D und E sehen, da die Strahlen, die es hier empfängt, convergirend sind, und folglich bey der Verlängerung rückwärts noch weniger zusammenlaufen, als die parallelen (1). Man sieht leicht, daß dieß auch der Fall seyn müsse, wenn sich das Auge näher nach dem Spiegel zu befindet, wo es alle die von dem Spiegel zurückfahrenden Strahlen als convergirend empfängt. Wenn man dieß gehörig erwägt, so wird man gar keinen Einwurf gegen Barrow's Theorie (§ 682.) von der Entstehung der Bilder in den Spiegeln bey diesen Fällen finden. — Wenn aber in ed eine reflectirende Fläche ist, auf welche die Strahlenkegel ike und ghd auffallen, und davon wieder als divergirende nach allen Seiten zurückstrahlen, so wird das Auge, das dieser Fläche zu gerichtet ist, das ganze Bild ed auf derselben sehen, vorausgesetzt, daß diese reflectirende Fläche kein Licht anders woher erhält, das die Empfindungen des Bildes ed verwischen könnte. Da die vom Spiegel reflectirten Strahlenkegel ghd und ikd sich durchkreuzen, so wird das Bild ed gegen das Object DE verkehrt stehen, und die Punkte d und e werden weiter aus einander liegen, als D

und E. „Steht aber ein Auge Í rechts hinter de in einer zum deutlichen Sehen erforderlichen Entfernung, und man zieht von ihm nach zwey äussersten Punkten des Spiegels a und b gerade Linien, so wird es von dem Bilde de so viel sehen, als zwischen diesen Linien enthalten ist."

„Den Gegenstand mit dem Spiegel concentrisch zu zeichnen, ist ohne Nutzen, und die Zeichnung seiner Abbildung in der Figur unrichtig: denn ed müßte ein aus c beschriebener Kreisbogen seyn. Man kann diese Bemerkungen auf Fig. 79, 80, 81, 82 anwenden. F."

5) Wenn DE (Fig. 80.) nach C vom Spiegel zurücktritt und endlich in δε anlangt, so tritt das umgekehrte Luftbild ed dem Spiegel näher, wird kleiner, und würde endlich dem Gegenstande gleich und ähnlich, obgleich umgekehrt, seyn, wenn alle seine strahlenden Punkte so weit vom Spiegel entfernt wären, als C, in welchem Falle DE nur ein Punkt seyn müßte.

„Zachariä's Bemerk. über das Luftbild, welches der sphärische Hohlspiegel zeigt. Gilbert's Ann. XLVI. S. 515. Kr."

„Untersuchungen über Archimed's Brennspiegel, von *van Capellen* a. a. O. LIII. S. 242 u. f. Kr."

6) Wenn das Object DE (Fig. 81.) so weit vom Spiegel ab absteht, daß das Centrum des Spiegels C zwischen demselben und dem Spiegel ist, so werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel Dgh und Eik, die von dem obersten und untersten Punkte D und E gegen den Spiegel fahren, durch die Reflexion auch zu convergirenden, die in e und d zusammenfahren. Da sich die Strahlenkegel nach der Reflexion durchkreuzen, so machen sie ein umgekehrtes Bild ed des Gegenstandes DE, und zwar liegen die äussersten Punkte e und d im Bilde einander näher, als D und E im Objecte; das Bild ist also verkleinert. — Uebrigens hat es mit diesem Bilde wieder eben die Bewandtniß in Ansehung seiner Wahrnehmung, als im vorigen Falle (4). Ein Auge in e oder d empfängt nur die Spitzen der Strahlenkegel, nicht ihre Grundfläche. Das Bild ed wird also nur dann sichtbar, wenn da, wo die Vereinigungspunkte der reflectirten convergirenden Lichtstrahlen hinfallen, eine reflectirende Fläche ist, die diese Lichtstrahlen wieder als divergirende zurückstrahlen kann. Da ein strahlender Punkt des Objects nicht bloß einen Lichtkegel zum Spiegel sendet, sondern auf jeden Punkt des Spiegels Lichtstrahlen vom leuchtenden Objecte fallen, so strahlt auch z. B. von E (Fig. 81.) nicht bloß der Kegel Eik auf den Spiegel, sondern auch der Kegel Emn. Ist nun das Auge in Q, so empfängt es nicht allein von dem Vereinigungspunkte der reflectirten Strahlen gbd, sondern auch von dem der reflectirten Strahlen mne einen Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges, und deren Spitze in e und d ist. So ließe sich erklären, wie das Auge in ed ein Bild von DE sehen könne.

Dessen ungeachtet ist der Umstand allerdings wahr, daß ein Auge die Bilder der Gegenstände, die weiter vom Spiegel abstehen, als der Radius desselben beträgt, und die dem Spiegel Lichtkegel zusenden, auf dem Spiegel selbst gewissermaaßen schweben sieht, ein Phänomen, das aus dem bisher Vorgetragenen nicht zu erklären ist,

vielleicht einen Gesichtsbetrug zum Grunde hat, und es von neuem bestätigt, daß wir aus mehrern Umständen, als aus dem Scheitel der Strahlenkegel, die scheinbare Stelle der Gegenstände beurtheilen.

„Das Auge erblickt alle Bilder, welche durch sphärische Spiegel vor dem Spiegel schweben, entstehen, sie mögen innerhalb oder außerhalb des Mittelpunkts der Kugel seyn, gleichsam auf dem Spiegel schwebend, oder wohl gar als hinter demselben, welches allerdings ein optischer Betrug ist, dessen Erklärung aber gar keine Schwierigkeit hat. Ist nehmlich ein Auge irgendwo hinter ed (Fig. 80.), und man zieht von ihm ringsherum nach allen Punkten der Peripherie des Spiegels Linien, so erblickt es von ed nur so viel, als innerhalb des dadurch begränzten Kegelraums liegt, also gewöhnlich nur Fragmente der Gegenstände, und diese verkehrt. Kein Wunder, daß es der Einbildungskraft leichter wird, sich wie diese ein Gemälde auf oder hinter der Spiegelfläche, als in freyer Luft schwebend vorzustellen, besonders da das Urtheil über die Entfernung des Bildes höchst unsicher ist. Z."

Kaestner de objecti in speculo sphaerico visi magnitudine apparente; in den *comment. nov. Goetting.* T. VIII. 1777.

§. 690. Ingleichem läßt sich davon die Anwendung auf erhabene Kugelspiegel machen, und daraus finden:

1) Warum das Bild eines Gegenstandes aufrecht, und kleiner als derselbe, hinter dem Spiegel erscheint;

2) Warum das Bild um desto mehr verkleinert wird, je kleiner der Halbmesser der Kugelfläche ist;

3) Warum das Bild nie weiter hinter seiner Fläche erscheint, als um den vierten Theil des Durchmessers des Spiegels;

4) Warum endlich auch das Bild des Gegenstand verzerrt ist, wenn der Gegenstand eine unschickliche Lage gegen die Spiegelfläche hat.

Muschenbroek a. a. O. §§. 1998 — 2006.

1) Da der imaginäre Vereinigungspunkt der von den Spiegeln dieser Art reflectirten divergirenden Strahlen, oder der Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist, allemal hinter den Spiegel fällt (§. 676.), so muß auch das Bild der Gegenstände hinter dem Spiegel erscheinen. Es sey (Fig. 82.) ab ein convexer Kugelspiegel, ED das Object, das mit dem Spiegel gleiche Krümmung hat, C der Mittelpunkt des Spiegels, F sein imaginärer Brennpunkt. Das Auge befinde sich in Q. Es empfängt durch Reflexion die Lichtkegel Egh und Dik von den äußersten Punkten E und D des Objekts, und sieht das Bild desselben in ed. Da die Divergenz der Strahlen bey der Reflexion von diesen Flächen vermehrt wird, so laufen sie

auch rückwärts hinter dem Spiegel verlängert früher zusammen, oder die Winkel in e und d sind größer, als die in E und D; die Punkte e und d liegen also näher bey einander, und das Bild ist kleiner, als der Gegenstand.

2) Je kleiner der Halbmesser der Spiegelfläche wird, desto kürzer ist der Abstand des Vereinigungspunkts der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen; oder, wenn r kleiner wird, so wird in der Formel: $\frac{dr}{2d+r} = x$ (§. 676.), auch dieses x als Quotient abnehmen. Die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen werden also, bey gleichem Abstande des Objects vom Spiegel, desto früher zusammentreffen; die Vereinigungspunkte werden desto näher bey einander liegen, und das Bild wird desto kleiner erscheinen.

3) Je weiter der Gegenstand vom Spiegel abrückt, oder je größer d in der Formel: $x = \frac{dr}{2d+r}$, wird, desto größer wird x, oder der Abstand des Vereinigungspunktes der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen vom Spiegel; aber er kann nie größer werden, als $\frac{1}{2}$ r, wenn auch d = ∞ in Vergleichung mit r wird, oder der Gegenstand so weit vom Spiegel entfernt ist, daß die Divergenz der von seinen strahlenden Punkten ausfahrenden Strahlen verschwindet, oder sie zu parallelen werden.

§. 691. Endlich lassen sich auch daraus die Erscheinungen der cylindrischen und conischen erhabenen Spiegel bestimmen. Beyde Arten der Spiegel wirken der Länge nach als ebene Spiegel, und bilden also in so fern die Gegenstände, deren Fläche mit der Fläche dieser Spiegel concentrisch ist, in der ordentlichen Größe ab. Die cylindrischen aber sind der Queere nach erhabene Kugelspiegel, und müssen also in so fern verkleinern, und folglich die Gegenstände der Queere nach schmäler vorstellen. Die conischen sind der Queere nach ebenfalls als erhabene Kugelspiegel anzusehen; da aber die Cirkelflächen nach der Spitze zu immer kleiner werden, so verkleinern sie sich auch oben mehr als unten.

Bestätigung durch Versuche und Zeichnungen, die zwar verzerrt gemahlt sind, aber in diesen Spiegeln ordentlich erscheinen (catoptrische Anamorphosen).

Casp. Schotti Magia universalis. Herbip. 1657. 4.

Ein Instrument, um diese anamorphotischen Zeichnungen zu entwerfen, hat Leupold beschrieben (Jac. Leupold Anamorphosis mechanica nova. Leipzig 1714. 4.)

Von Pyramidalspiegeln.

Muschenbroek a. a. O. §§. 2029. 2030.

Von prismatischen Spiegeln.

Muschenbroek a. a. O. §. 2032.

Brechung des Lichts.

§. 692. Wenn Lichtstrahlen aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit (oder statt dessen von verschiedener Brennbarkeit) in einer schiefen Richtung übergehen, so behalten sie, wenn sie die Fläche treffen, die beyde Mittel von einander scheidet, nicht mehr die vorige Richtung, sondern werden von derselben abgelenkt. Man nennt dieß die **Brechung der Lichtstrahlen** (Refractio lucis).

Bestätigung an Glas und Wasser.

§. 693. Wenn (Fig. 83.) der schief einfallende **Lichtstrahl** (Radius incidens) SC aus einem dünnern Mittel, z. B. aus der Luft, in ein dichteres, z. B. in Wasser, übergeht, so wird er an der Oberfläche AB des letztern in dem Einfallspunkt (Punctum incidentiae) C von seinem vorigen Wege abgelenkt, und der geraden Linie, die man senkrecht auf und durch das dichtere Mittel im Einfallspunkte ziehet, dem **Einfallslothe** oder **Neigungslothe** (Cathetus incidentiae) DE näher gebracht, und geht in der Direction CR. Der Winkel SCD, welchen der einfallende Strahl SC mit dem Einfallslothe DE macht, heißt der **Einfallswinkel** (Angulus incidentiae); der Winkel RCE, welchen der **gebrochene Strahl** CR, der von seiner vorigen Richtung abweicht, mit dem Einfallslothe DE macht, der **Brechungswinkel** (Angulus refractionis); und der Winkel aCR, welcher aus dem verlängerten einfallenden Strahle Ca und dem gebrochenen CR sich bildet, der **gebrochene Winkel** (Angulus refractus).

§. 694. Die Erfahrung lehrt allgemein folgendes Gesetz: Wenn das Licht aus einem dünnern (oder wenig-

ger brennbaren) Mittel in ein dichteres (oder brennbareres) schief übergehe, so wird es dem Perpendikel zu gebrochen, und der Brechungswinkel ist kleiner, als der Einfallswinkel; wenn es aber aus dem dichtern Mittel in das dünnere schief übergeht, so wird es vom Perpendikel ab gebrochen, und der Brechungswinkel ist größer, als der Einfallswinkel. Der gebrochene und einfallende Strahl bleiben aber immer mit dem Einfallslothe in einerley Ebene.

1) Wenn z. B. (Fig. 85.) oberhalb AB Luft, unterhalb Wasser ist, so wird der schief einfallende Lichtstrahl SC beym Eintritte ins Wasser nicht nach a fortgehen, sondern der Perpendikellinie DE zugelenkt; und der Brechungswinkel RCE ist kleiner, als der Einfallswinkel SCD.

2) Wenn hingegen ein Lichtstrahl RC aus dem Wasser unterhalb AB schief in die Luft übergeht, so wird er von dem Perpendikel DE abgelenkt; der Brechungswinkel SCD ist größer, als der Einfallswinkel RCE.

§. 695. Diese Brechung steht im Verhältnisse mit dem eigenthümlichen Gewicht und der Brennbarkeit der durchsichtigen Mittel. Die Größe des Einfallswinkels mag beschaffen seyn, wie sie will, so findet immer ein beständiges und unabänderliches Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfallswinkels $si = ba$. und dem Sinus des Brechungswinkels oder dem Brechungssinus FR für einerley Paar von durchsichtigen Mitteln Statt.

§. 696. Jeder Lichtstrahl, der auf die durchsichtigen Körper von verschiedener Dichtigkeit oder Brennbarkeit senkrecht auffällt, geht ungebrochen durch.

§. 697. Um nun von diesen Gesetzen der Brechung Anwendung machen zu können auf die davon abhängenden Phänomene, ist es nöthig, das Brechungsverhältniß, das ist, das Verhältniß des Brechungssinus FR zum Einfallssinus $si = ba$ (oder, wenn wir den Strahl umgekehrt gehen lassen wollen, das Verhältniß des Einfallssinus FR

zum Brechungssinus si oder ba) der durchsichtigen Mittel zu wissen, die der Gegenstand unserer Betrachtung sind. Hier genügt es, nur das zwischen Luft und gewöhnlichem Glase, und zwischen Luft und Wasser zu wissen. Das erstere ist nahe wie 2:3, das andere fast wie 3:4. Demnach ist Fig. 85.) ba oder si : FR = 4:3.

Der Brechungssinus verhält sich zum Einfallssinus, den man gleich 1,000 annimmt, wenn das Licht aus der durchsichtigen Masse in die Luft geht,

nach Rochon	bey gemeinem Glase	wie	1,548
	Flintglase	.	1,615
	Diamant	.	2,755
	Bergkrystall	.	1,575
	isländischer Krystall	.	1,625
	destill. Wasser von 14° R.	.	1,335
	rectificirtem Weingeiste	.	1,378
	gesättigter Kochsalzauflösung	.	1,375
	Salmiakauflösung	.	1,382
nach Newton	beym Frauenglase	.	1,487
	Steinsalze	.	1,545
	Alaun	.	1,458
	Vitriolöle	.	1,428
	Kampher	.	1,500
	Baumöle	.	1,466
	Leinöle	.	1,48[illegible]
	Terpentinöle	.	1,470

„Daß das Brechungsvermögen der Materien nicht nur mit ihrer Dichtigkeit, sondern auch mit ihrer Brennbarkeit im Verhältniß stehe, ließen schon Newton's und A. Euler's Versuche vermuthen. Bestätigt wurde diese Vermuthung späterhin durch Biot's und Arrago's Versuche und durch jene Wollaston's, vorzüglich aber durch Brewster's, s. Gilbert's Ann. L. S. 21 u. f. Zugleich findet man a. a. O. eine genaue Beschreibung der verschiedenen Verfahren um das Brechungsvermögen der Materien genau zu bestimmen, so wie die Ergebnisse einer großen Zahl von Versuchen, von denen wir folgende ausheben. Nach Brewster zeigt das Brechungsvermögen folgender Materien, folgende Unterschiede:

	engl. Zoll.
Luft	1,000
Wasser	1,545
Aether	1,400
Alkohol	1,404
Salzsäure	1,431
Salpetersäure	1,456
Schwefelsäure	1,517
Mohnöl	1,684
Terpentinöl	1,588
Geschmolzener Zucker	1,704
Harz	1,720

	engl. Zoll
Pech . . .	1,806
Zimmtöl . .	1,817
Cassiaöl . .	1,911
Schwefel . .	4,537
Phosphor . .	7,094

Brewster's Benutzung verschiedener wesentlicher Oele (z. B. des Cassiaöls) Behufs der Zusammensetzung farbenloser Operngucker, und Mikroscope gründet sich auf das große Brechungsvermögen jener Oele; a. a. O. S. 157 u. f. Kr."

§. 698. So viele Erklärungen auch über die wirkende Ursach des Phänomens der Brechung gegeben worden sind, so ist doch keine befriedigender, als die, welche uns Newton selbst davon gegeben hat. Sie reducirt sich auf die Kraft der Cohärenz, oder, wenn man lieber will, der Anziehung der durchsichtigen Materie mit dem Stoffe des Lichts, so wie die Reflexion im Gegentheile den Mangel dieser Cohärenz oder Anziehung anzeigt (§. 668. Anm.)

Wir wollen zur Erläuterung annehmen, daß ebene Flächen die Mittel von einander trennen, durch welche das Licht auf seinem Wege geht, und daß diese Flächen gegen einander parallel sind. Es sey also (Fig. 84.) zwischen den parallelen Flächen NS, nf Wasser oder Glas enthalten, und darüber und darunter Luft. Man ziehe mit ihnen ML und ml in gleichen Entfernungen davon parallel. Sie sollen den Abstand darstellen, bey welchem die Wirksamkeit des Körpers NSnf auf das Licht thätig zu werden anfängt, der zwar an sich klein ist, aber um der Deutlichkeit der Zeichnung willen hier verhältnißmäßig so groß vorgestellt wird. Es komme ein Lichttheilchen in der perpendiculären Richtung Ac gegen die Fläche NS. So wie es in c in die Sphäre der Wirksamkeit NS gelangt ist, und von den Theilchen des Körpers NS stärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus dem es kommt, so nimmt seine Geschwindigkeit in dem Raume von c bis t zu; aber es kann dadurch nicht von seinem Wege abgelenkt werden. Es geht bloß mit zunehmender Geschwindigkeit fort, und erlangt das Maximum derselben innerhalb tq. So wie es aus q heraustritt, ist die Anziehung des Körpers NSnf dagegen seiner Richtung entgegen und der Wirkung auf der obern Fläche gleich; es verliert also das Lichttheilchen in dem Raume qt wiederum rückwärts so seine Vermehrung der Geschwindigkeit, als es sie von c gegen t zu wachsend erhielt. Der senkrecht auffallende Strahl erleidet also nach dieser Hypothese keine Brechung, wie die Erfahrung auch lehrt; und die Geschwindigkeit des Lichts außerhalb ML und ml bleibt sich gleich.

Wenn nun das Lichttheilchen in der schiefen Direction Dd gegen ML ankommt, so kann diese Bewegung in zwey andere, DF und Fd, zerlegt werden. Da die Wirkung des Körpers NS auf das Lichttheilchen nach der Perpendiculärlinie geschieht, so kann die parallele Bewegung DF keine Aenderung erleiden; die Bewegung oder Geschwindigkeit Fd

hingegen muß, wie vorher gezeigt ist, wachsend zunehmen: und daher muß das Lichttheilchen von dem Punkte d an gegen die Fläche MS zu die krumme Linie dI beschreiben, die ihre hohle Seite gegen NI zugekehrt hat. Die Tangente Ii, die die Richtung des Lichttheilchens beym Eintritte in die Fläche des Körpers NS anzeigt, muß folglich dem Perpendikel Bb näher kommen, und es unter dem kleinern Winkel ilb schneiden, als die erstere Richtung Dd mit dem Perpendikel Bb bey der Verlängerung machen würde. Da in dem Raume Ii die Anziehungskräfte der Materie des Körpers NSnf gegen das Lichttheilchen gleich bleiben, so bleibt es in der Richtung Ii unverändert, bis es nach i gelangt. Hier wird die Anziehung des Körpers gegen das Licht, die auf nf perpendiculär ist, seiner Perpendiculärgeschwindigkeit wiederum hinderlich; sie nimmt daher bey dem Fortgange des Lichts gegen ml zu stufenweise wiederum ab, und es wird seine Bahn eben so von i nach e zu auf die entgegengesetzte Seite gebogen, als es von d nach I geschah. Es verliert hier allmählig die Zunahme der Perpendiculärgeschwindigkeit wieder, die es in dI erlangte, und hat in e wieder die vorige Geschwindigkeit, die es beym Eingange in d besaß. Da die entgegengesetzten Krümmungen ie und dI gleich sind, so muß die Richtung des Lichts in Ee parallel seyn mit der in Dd, wie die Erfahrung lehrt, und es muß wieder vom Perpendikel abgelenkt werden.

Endlich ist auch die Beständigkeit des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels nach dieser Hypothese zu erklären. Man vergleiche Priestley's Geschichte der Optik, übersetzt von Klügel. Leipzig 1776. S. 238.

§. 699. Wenn die Strahlen bey dem Uebergange aus dem dichtern Mittel in das dünnere so schief übergehen, daß der Brechungssinus größer werden müßte, als der Sinus totus ist (welches unmöglich ist), so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung.

Es falle (Fig. 86.) ein Strahlencylinder E von der Sonne im finstern Zimmer auf ein gläsernes dreyseitiges, gleichwinkliges Prisma in der Direction Ee, so daß er auf der Fläche FV fast senkrecht sey, so wird er fast ungebrochen durchgehen, aber in dem Glase selbst sehr schief auf die Fläche SV gehen. Er sollte hier nun bey dem Uebergange in die Luft vom Perpendikel abgelenkt werden; da aber der Brechungssinus dann größer werden müßte, als der Sinus totus, so erfolgt Zurückstrahlung von C nach der Fläche SF, und hier geht er, weil er nahe senkrecht darauf steht, auch fast ungebrochen in die Luft zurück, und bringt hier Erleuchtung zuwege. Auch diese Erscheinung folgt aus der vorher angeführten Ursach der Brechung. Die Anziehung der Theilchen des Glases zu denen des Lichts macht nehmlich jetzt bey der Kleinheit des Einfallswinkels in C die Perpendiculärgeschwindigkeit desselben beym Uebergange in die Luft ganz verschwinden, und die Refraction verwandelt sich in Reflexion.

Muschenbroek a. a. O. §. 1752. *Car. Scherffer* Institut. Phys. II. S. 174 ff.

§. 700. Bey der Brechung des Lichts in seinem Uebergange aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes hängt also der Brechungswinkel theils von der Natur des brechenden Mittels, theils von der Neigung des einfallenden Strahles ab.

§. 701. Bey dem Brechen in durchsichtigen ebenen Flächen bleiben schief einfallende parallele Strahlen auch nach dem Brechen parallel, sie mögen aus dem dünnern in das dichtere Mittel, oder umgekehrt gehen. Bey dem Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres von ebener Fläche werden einfallende divergirende in ihrer Divergenz, und einfallende convergirende Strahlen in ihrer Convergenz vermindert; beym Uebergange aus einem dichtern in ein dünneres Mittel von ebener Fläche werden divergirende oder convergirende Strahlen mehr divergirend oder convergirend. Dieß folgt aus dem allgemeinen Gesetze der Brechung (§. 694.)

„Ueber die bei der Brechung eintretende Seitenstrahlung vergl. Parrot a. a. O. Kr."

§. 702. Aus diesem Brechen der Lichtstrahlen in Mitteln von verschiedener Dichtigkeit und ebenen Flächen läßt sich erklären, warum ein Gegenstand unter oder hinter einem ebenen Glase dem Auge fast um $\frac{1}{3}$ näher nach der Oberfläche des Glases zu erscheint, als er wirklich liegt; warum eine Münze in einem undurchsichtigen Gefäße, die bey einer gewissen Stellung des Auges nicht zu sehen ist, sichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Wasser gefüllt wird; warum der Boden eines Gefäßes mit Wasser hohl zu seyn und höher zu liegen scheint; warum ein Stock im Wasser gebrochen erscheint; warum ein Fisch im Wasser nicht an seinem wahren Orte, sondern ohngefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu gesehen wird; warum Sterne schon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem wirklichen Untergange wahrgenommen, und eine Mondfinsterniß gesehen werden kann, wenn die Sonne noch über un-

sern Horizonte erscheint; warum die Gestirne höher nach dem Zenith zu beobachtet werden, als sie wirklich stehen; worin endlich überhaupt die astronomische Strahlenbrechung (Refractio astronomica) besteht.

Muschenbroek a. a. O. §. 1928 — 1931.

Einleitung in die astronomischen Wissenschaften, verf. von Lampert Hinr. Röhl, Th. I. Greifswalde 1768. 8. S. 96 — 140.

§. 703. Noch gehören hierher:

1) Die vervielfältigte Erscheinung eines Gegenstandes durch ein Rautenglas (Polyedrum).

Es sey (Fig. 87.) ABCD ein vielflächig geschliffenes Glas. Die drey vordern Flächen BC, CD und DA seyen dem Gegenstande F zu gerichtet, und hinter der Fläche befinde sich das Auge in O. Dieses sieht den Punkt F dreyfach, in F, in L und in M. Denn von dem Strahlenkegel, der auf die Fläche CD von dem strahlenden Punkte fällt, und wovon wir hier nur die Achse Fg gezeichnet haben, geht diese Achse, da sie senkrecht auf den Flächen CD und BA steht, ungebrochen in das Glas und heraus, und gelangt zum Auge in O. Der Strahlenkegel Fb, der auf die Fläche CB fällt, wird im Glase dem Verpendikel zugelenkt, und beym Austritte aus dem Glase vom Verpendikel abgelenkt, und gelangt auch zum Auge in O, das nun den Gegenstand nach L setzen muß. Eben so ist es endlich mit dem Strahlenkegel Fh, der auch nach den erlittenen Brechungen zum Auge in O kommt, und die Vorstellung des Sehens in M erzeugt.

Muschenbroek a. a. O. §. 1933.

2) Die dioptrischen Anamorphosen, oder Zeichnungen einzelner Theile, die durch ein polyedrisches Glas betrachtet als ein ordentliches Ganzes erscheinen.

Joh. Georg Leutmanns Anmerkungen vom Glasschleifen. Wittenberg 1728. 8. S. 46 ff.

3) Die scheinbare Ortsveränderung der Körper, die durch ein gläsernes Prisma betrachtet werden.

4) Die besondern Erscheinungen der Strahlenbrechung in der Luft, die an verschiedenen Stellen ungleich erwärmt, und also ungleich dicht ist, nach Hrn. Büsch und Gruber.

Büsch tractatus duo optici argumenti, Hamb. 1783. Tob. Gruber physicalische Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen, Dresden 1787. 4.

§. 704. Merkwürdig ist die scheinbare Verdoppelung eines Gegenstandes durch den durchsichtigen Kalkspath oder Isländischen Krystall.

Von dem die Bilder verdoppelnden sogenannten Isländischen Krystall oder Doppelspath, von J. E. Silberschlag; in den Schriften der Gesellsch. Naturf. Fr. zu Berlin, im 8. B. St. VIII. S. 1 — 16. Desgleichen über die doppelte Brechung des durchsichtigen Kalkspaths, von Hrn. Haüy; in Gren's neuem Journ. d. Phys. B. II. S. 405.

„Sie ist zunächst bedingt durch die weiter unten in Betrachtung zu ziehende Polarisation des Lichtes; vergl. einstweilen §. 676. Anm. Fr."

§. 705. Aus den allgemeinen Gesetzen der Strahlenbrechung (§. 694. 695.) und der Kenntniß des Verhältnisses der Refraction der durchsichtigen Mittel (§. 697.) läßt sich durch Zeichnungen oder durch Rechnung leicht bestimmen, wie die Brechung der Strahlen in gekrümmten Flächen geschieht. Wir betrachten hier nur die Brechung der Strahlen in Gläsern, wovon eine oder beyde Flächen eine erhabene oder hohle Kugelgestalt haben, die man sphärische Gläser, und, wenn sie klein sind, Linsengläser (Lentes) nennt. Sie sind entweder auf einer Seite eben und auf der andern erhaben (planconvex) (Fig. 88.): oder auf beyden Seiten erhaben (convexconvex) (Fig. 89.); oder auf einer Seite erhaben und auf der andern hohl, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner ist, als der hohlen (Meniscus) (Fig. 90.). Diese drey Arten heißen auch zusammen Sammelgläser oder erhabene Linsen (Lentes convexae), denen die Zerstreuungsgläser, hohlen Linsen oder Hohlgläser (Lentes concavae) entgegengesetzt sind, wo entweder die eine Seite eben, die andere hohl ist (planconcav) (Fig. 91.); oder beyde Seiten hohl sind (concavconcav) (Fig. 92.); oder eine Seite hohl, die andere erhaben ist, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite größer ist, als der hohlen (convexconcav) (Fig. 93.). Ein Glas, das auf einer Seite erhaben und auf der andern hohl ist, aber mit einerley Halbmesser, z. B. ein Uhrglas, bricht die Strahlen wie ein planes Glas.

§. 706. Die gerade Linie DE, (Fig. 94.) welche durch die Mitte der Linse AB geht, und auf beyden Flächen derselben perpendiculär steht, heißt die Achse der Linse.

§. 707. Wenn parallele Strahlen auf erhabene Glaslinsen nahe bey der Achse des Glases fallen, so werden sie so gebrochen, daß sie hinter der Linse nach der Achse des Glases zusammengehen, und sich in einem Punkte vereinigen, welcher der Brennpunkt (Focus) der Linse heißt. Hinter diesem Punkte durchkreuzen sich die Strahlen wieder, und werden divergirend. Wenn statt paralleler Strahlen divergirende Strahlen eines leuchtenden Punktes auf die erhabene Linse fallen, so werden sie nach dem Brechen 1) weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes kleiner ist, als die Brennweite der Linse; 2) parallel, wenn der leuchtende Punkt selbst im Brennpunkte ist; 3) convergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes größer ist, als die Brennweite. Convergirend auffallende Strahlen werden durch diese Linsen nach dem Brechen natürlicher Weise noch mehr convergirend. Man nennt die erhabenen Linsen wegen der angeführten Wirkungen auch Sammlungsgläser. Nach der Länge der Brennweite sagt man, ein Glas sey einzöllig, zweyzöllig, zwanzigzöllig, dreyfüßig, u. s. f.

1) Es fallen (Fig. 95.) auf die biconvexe Linse ab mit der Achse derselben, hK; die parallelen Strahlen g und h nahe bey der Achse des Glases ein. Sie werden auf der vordern Fläche des Glases erst dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Ausgange aus der hintern Fläche vom Einfallslothe abgelenkt; sie werden convergirend, und vereinigen sich mit der Achse des Glases in F, von wo sie wieder als divergirende aus einander fahren, wenn sie sich durchkreuzt haben.

2) Wenn die Strahlen als divergirende auf diese Linse fallen, so werden sie durchs Brechen entweder weniger divergirend, oder parallel, oder convergirend, nach der verschiedenen Entfernung des strahlenden Punktes von der Linse. Steht nehmlich 1) der strahlende Punkt im Brennpunkte der Linse, z. B. in F (Fig. 95.), so werden die Strahlen zu parallelen; 2) steht er näher, als der Brennpunkt, so werden sie weniger divergirend, wie Fig. 96., wo der strahlende Punkt g näher an der Linse steht, als der Brennpunkt F, und wo die Strahlen gf und gm durch die Brechung beym Eingange in die Linse und beym Ausgange aus derselben die Richtung von dn und eo erhalten. Der mittlere Strahl gk geht ungebrochen durch, da er senkrecht auf den

Flä-

Flächen der Linse steht. Werden die Strahlen nd und oe rückwärts verlängert, so treffen sie in p zusammen. Da nun der Winkel lpm kleiner ist, als lgm, so ist auch der Divergenz de Strahlen durch die Brechung vermindert worden, und die Strahlen fahren so aus der Linse, als ob sie von einem weiter entfernten Punkte herkämen, als g ist. 5) Wenn der leuchtende Punkt weiter entfernt ist, als die Brennweite, so werden die davon auf die Linse fahrenden divergirenden Strahlen zu convergirenden, wie Fig. 97., wo der strahlende Punkt A weiter von der Linse absteht, als ihr Brennpunkt F; die Strahlen Ao und Aq vereinigen sich nach den erlittenen Brechungen hinter der Linse mit der verlängerten Achse AG in G. Ist G der strahlende Punkt, so ist A der Vereinigungspunkt der gebrochenen Strahlen.

6) Convergirende Strahlen werden noch stärker convergirend durch die Brechung in diesen Linsen. Es sey (Fig 96.) ab eine biconvexe Linse, gegen welche die convergirenden Strahlen nd und oe fahren, die ohne die Linse in p zusammenlaufen würden. Sie werden durch Brechung beym Eintritte in die Linse und beym Austritte aus derselben nach g zu gebrochen, und vereinigen sich daselbst mit der Achse. Da nun der Winkel lgm größer ist, als lpm, so ist auch die Convergenz der Strahlen größer (§. 658.)

§. 708. Die Entfernung des Brennpunktes paralleler Strahlen von der vordern Krümmung des Glases (wenn man auf die Dicke des Glases nicht Rücksicht nimmt) heißt die Brennweite (Distantia focalis). Man findet dieselbe (bey dem gemeinen Glase, dessen Brechungsverhältniß 3 : 2), wenn man die Länge des einen Halbmessers der Krümmung des Glases mit der Länge des andern multiplicirt, und das Product mit der halben Summe dieser Halbmesser (beym Meniscus aber das Product der Halbmesser mit ihrer halben Differenz) dividirt. Bey dem gleichförmig convexconvexen Glase ist folglich die Brennweite dem gemeinschaftlichen Halbmesser der beyden Flächen des Glases gleich; beym planconvexen aber dem Durchmesser der Kugel, wovon das Glas ein Segment ist. Bey einer Kugel von Glas liegt er um den vierten Theil ihres Durchmessers hinter derselben.

„Es sey also (Fig. 98.) ab ein doppeltconvexes Sammelglas; der Halbmesser der Vorderfläche aAB sey AK = f; der Halbmesser der Hinterfläche aBb sey GB = g; die durch G und K gezogene Linie OP ist also des Glases Achse. Aus dem Punkte derselben O komme ein Lichtstrahl OI, nahe genug bey der Achse, um OI = OA = a setzen, und AI für eine gerade auf der Achse senkrechte Linie halten zu können. Man ziehe KI als das Einfallsloth, gegen welches sich der gebrochene Strahl neigen muß, und nehme an, der Strahl werde

durch die erste Brechung nach P hin gebrochen. Wir wollen zuerst AP suchen, welches wir IP gleich setzen dürfen."

1) „Zu dem Ende ziehe man aus K auf den einfallenden und gebrochenen Strahl die senkrechten Linien KG und KH, welche sich wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels verhalten werden. Das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas sey $n:1$, so ist also $KG:KH = n:1$. Nun giebt die Figur folgende drey Proportionen:

$OI : OK = AI : KG$ (weil $\Delta OAI \sim \Delta OKG$),

$n : 1 = KG : KH$,

$HP : AP = KH : AI$ (weil $\Delta PKH \sim \Delta PAI$).

Setzt man die drey nachfolgenden Verhältnisse zusammen, so heben sie das Verhältniß $1:1$; folglich ist das Product der drey ersten Glieder dem Producte der zweyten Glieder gleich, d. i., $nOI . HP = OK . AP$. Nun ist $OI = AO = a$; $HP = KP = AP - AK = AP - f$; $OK = OA + AK = a + f$; folglich

$$na(AP - f) = (a + f) AP,$$

woraus folgt:

$$AP = \frac{af}{(n-1)a - f}."$$

2) „Der gebrochene Strahl IP erreicht die Hinterfläche des Glases in T; man ziehe CT als Einfallsloth, so wird er, beym Uebergange in Luft, von demselben stärker abwärts gebrochen: der gebrochene Strahl TF treffe die Achse in dem Punkte F, dessen Abstand vom Glase sey $BF = TF = \alpha$. Da der Lichtstrahl einerley Weg nimmt, er gehe von O durch I und T nach F, oder er komme von F durch T und I nach O, so betrachte man jetzt FT als einfallenden Strahl, so ist TP der gebrochene: man verlängere beyde links, und fälle auf sie aus C die senkrechten Linien CE und CD, welche, wie oben, das Brechungsverhältniß haben. Wir wollen jetzt wieder die Lage des Punkts P, oder BP, TP, als das Gesuchte betrachten. Hierzu haben wir, wie bey n. 1., drey Proportionen:

$FT : FC = BT : CE$ (weil $\Delta BTF \sim \Delta CEF$),

$n : 1 = CE : CD$,

$DP : BP = CD : BT$ (weil $\Delta DP \sim \Delta BTP$).

Die drey nachfolgenden Verhältnisse geben zusammengesetzt das Verhältniß der Gleichheit, folglich auch die drey vorangehenden: also $n . FT . DP = FC . BP$. Nun ist $FT = BF = \alpha$; $DP = CP = CB + BP = g + BP$; $FC = CB + BF = g + \alpha$; folglich

$$n\alpha(g + BP) = (g + \alpha) BP,$$

woraus folgt:

$$BP = \frac{n\alpha g}{g - (n-1)\alpha}."$$

3) „Die beyden gefundenen Werthe AP und BP sind bloß um die Dicke des Glases verschieden; setzt man diese klein genug, um sie als Null ansehen zu können, so hat man $AP = BP$, und hierdurch eine Gleichung zwischen a, α, f, g und n. Um aber diese Gleichung in der einfachsten Gestalt zu erhalten, nehme man erst von AP und BP die umgekehrten (reciproken) Werthe, nehmlich:

$$\frac{1}{AP} = \frac{n-1}{nf} - \frac{1}{na}; \quad \frac{1}{BP} = \frac{1}{n\alpha} - \frac{n-1}{ng}.$$

Hieraus erhält man, wenn alles mit n multiplicirt worden:

$$\frac{n-1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{1}{\alpha} - \frac{n-1}{g},$$

$$\text{oder } \frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha}.$$

Diese sehr wichtige optische Formel gilt für alle Arten von Gläsern und für alle dabey erdenklichen Fälle, und zeigt, wie man, wenn von den vier Größen f, g, a, α drey gegeben sind, die vierte finden könne. Nur muß man bey der Anwendung bemerken, ob die gegebenen Linien eben die Lage haben, als in unserer Figur; was eine entgegengesetzte Lage hat, muß mit — bezeichnet werden. Wäre z. B. die Vorderfläche concav, so muß das erste Glied der Formel $-\frac{n-1}{f}$ heißen; käme der Strahl nicht aus einem Punkte der Achse vor dem Glase, sondern ginge mit der Achse convergirend auf einen hinter der Achse liegenden Punkt zu, so würde a negativ, und man müßte $-\frac{1}{a}$ statt $\frac{1}{a}$ schreiben, u. s. f. Wir wollen aber diese Formeln zunächst brauchen, um daraus ein Paar andere, für den Gebrauch noch bequemere Formeln abzuleiten, indem wir die Brennweite, welche wir p nennen wollen, mit in Rechnung bringen."

4) „Es sey a unendlich, d. h., der einfallende Strahl sey der Achse parallel, so ist $\frac{1}{a} = 0$, und $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p}$; denn in diesem Falle ist BF $= \alpha$ die Brennweite. Wir haben also aus n. 3.

$$\frac{1}{p} = \frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g};$$

eine Formel, um aus den Krümmungshalbmessern f und g und dem Brechungsverhältnisse n : 1 die Brennweite zu finden."

5) „Da in der Formel n. 4. weder a noch α vorkommt, so ist sie von beyden Größen unabhängig. Man kann daher in jedem Falle $\frac{1}{p}$ statt $\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g}$ setzen. Thut man dieß in der Formel n. 3., so erhält man

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha};$$

eine eben so einfache als fruchtbare Formel, vermittelst deren man, wenn von den drey Größen p, a, α zwey gegeben sind, allezeit die dritte finden kann."

6) „Will man aus der Formel n. 4. nicht $\frac{1}{p}$, sondern p selbst haben, so ist

$$p = \frac{1}{\frac{n-1}{f} + \frac{n-1}{g}} = \frac{fg}{(n-1)\ (f+g)};$$

oder wenn man das Brechungsverhältniß $n : 1 = 3 : 2 = \frac{3}{2} : 1$, also $n = \frac{3}{2}$ setzt, $p = \frac{fg}{\frac{1}{2}(f+g)}$, welches die im §. gegebene Regel ist. Für den Meniscus ist f oder g negativ zu setzen. Für das gleichseitige Glas ist $f = g$, also $p = f$. Für das planconvexe Glas ist einer der Halbmesser unendlich groß zu setzen. Setzt man g unendlich, so verschwindet f im Nenner gegen g, und es wird

$$p = \frac{fg}{\frac{1}{2}g} = 2f, \text{ u. s. f.}"$$

7) „Die Regel für die Kugel läßt sich aus den Formeln n. 1. und 2. ableiten. Wäre nehmlich (Fig. 89.) ab eine volle Kugel, so wäre zunächst $g = f$; also

$$AP = \frac{naf}{(n-1)\ a - f}\ (n.\ 1.);\ BP = \frac{n\alpha f}{f - (n-1)\ \alpha}\ (n.\ 2.)$$

Ferner ist für diesen Fall AP — BP = dem Durchmesser der Kugel, also = 2f. Daher die Gleichung

$$2f = \frac{naf}{(n-1)\ a - f} - \frac{n\alpha f}{f - (n-1)\ \alpha}.$$

Woraus man nach den gehörigen Reductionen findet

$$\alpha = \frac{(2-n)\ a + 2f}{2\ (n-1)\ a + (n+2)\ f}\ f.$$

Setzt man a unendlich, so wird α die Brennweite der Kugel = p, also

$$p = \frac{2-n}{2\ (n-1)}\ f.$$

Nimmt man $n = \frac{3}{2}$ an, so wird

$$p = \frac{1}{2} f."$$

Anm. „In den Formeln n. 3, 4, 5 ist es bequemer, die reciproken Werthe $\frac{1}{p}$, $\frac{1}{a}$, $\frac{1}{f}$ u. s. f. in der Anwendung beyzubehalten, und erst, wenn man einen solchen Werth in Zahlen gefunden hat, den wirklichen Werth zu berechnen."

§. 709. Eigentlich kommen nur diejenigen parallelen Strahlen nach dem Brechen in einem Punkt zusammen, die der Achse des Glases unendlich nahe sind. Je weiter die

parallelen Strahlen von der Achse einfallen, desto kürzer ist der Abstand ihres Vereinigungspunktes vom Glase. Die Entfernung dieses vom erstern Punkte heißt die Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (Aberratio ex figura).

§. 710. Sonst kann man die Entfernung des Brennpunktes paralleler Strahlen der erhabenen Linsen (obgleich nicht mit aller Schärfe) auch praktisch finden. 1) Man lasse die Sonnenstrahlen auf die Linse, und die darin gebrochenen auf einen andern Körper fallen, und bewege die Linse so lange gegen diesen, bis der Punkt am hellleuchtendsten und kleinsten wird. Seine Entfernung von der Linse ist die Brennweite. 2) Man bedecke die eine Fläche der Linse mit einem genau darauf anschließenden Papiere, worein viele kleine runde Löcher geschnitten sind, und lasse Licht der Sonne hindurch auf eine parallel darunter gehaltene Fläche fallen. Ist diese Fläche weiter oder näher von der Linse, als die Brennweite, so entstehen so viel leuchtende Kreise, als Löcher im Papiere sind; im Brennpunkte hingegen vereinigen sie sich alle in einen Kreis. 3) Man halte die Linse gegen eine weiße Wand, oder Tafel, und lasse nun einen Gegenstand, dessen Distanz die Brennweite des Glases aber wenigstens tausendmal übertreffen muß, darauf durch die Linse sich abbilden. Wenn das Bild am deutlichsten ist, so steht die Wand in der Brennweite der Linse. 4) Am besten findet man diese auch in einem dunkeln Zimmer, in welches durch die Linse das Sonnenlicht hineinfällt. Die Entfernung der Spitze des sich hier bildenden Strahlenkegels von der Linse ist die Brennweite. Die Gründe von allem diesen werden aus dem Folgenden erhellen.

§. 711. Jetzt läßt sich auch bestimmen, wie diese erhabenen Linsen Bilder von den vor ihnen befindlichen Objecten machen, wenn man zugleich das erwägt, was §. 682. gesagt worden ist. 1) Wenn die von einem Punkte des Gegenstandes ausfahrenden und auf die Linse fallenden

Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist der Brennpunkt das Bild des Gegenstandes, und man kann ihn überhaupt als das Bild eines unendlich entfernten Gegenstandes ansehen. 2) Kein Bild kann dem Glase näher liegen, als der Brennpunkt (vorausgesetzt, daß das Object ein wirkliches, nicht ein durch ein anderes Glas gemachtes Bild ist); 3) Wenn der Gegenstand sich im Brennpunkte befindet, so macht er gar kein Bild, oder er macht ein unendlich großes Bild, in einer unendlichen Entfernung, weil die divergirenden Strahlen dann nach dem Brechen zu parallelen werden, die nicht, oder in einer unendlichen Entfernung, zusammenlaufen. 4) Wenn aber die Strahlen von einem Objecte kommen, das noch weiter vom Glase liegt, als der Brennpunkt, und dessen Strahlen, wie von seinen einzelnen Punkten auf die Linse fallen, als divergirende darauf kommen, so vereinigen sich die Strahlen eines jeden Punktes des Objects wieder hinter der Linse, und machen ein Bild des ganzen Gegenstandes, das aber verkehrt liegt, und weiter vom Glase entfernt ist, als die Brennweite. 5) Würde in diesem Falle an dem Orte des Bildes der Gegenstand seyn, so würde das Bild desselben da zu stehen kommen, wo der Ort des Gegenstandes selbst war. 6) Je näher das Object dem Glase kommt, desto weiter rückt das Bild vom Glase weg, und wird zugleich desto größer; und es wird endlich ganz verschwinden, wenn das Object in den Brennpunkt des Glases kommt. 7) Endlich, wenn der Gegenstand näher nach dem Glase liegt, als der Brennpunkt, so kann gar kein wirkliches Bild entstehen, da die Strahlen nicht zusammenfahren, sondern divergirend bleiben; sie gehen vielmehr nach der Brechung so fort, als kämen sie aus einem Bilde, das aufrecht, vergrößert, und entfernter als der Brennpunkt, vor dem Glase stände.

Versuche: 1) Das Bild der Flamme eines Lichts stellt sich hinter einer convexen Linse klein und verkehrt vor, wenn die Flamme weit vom Brennpunkte der Linse entfernt ist; wird größer und entfernter, wenn die Flamme dem Brennpunkte näher kommt; verschwindet endlich ganz, wenn die Flamme in den Brennpunkt kommt.

a) Man lasse im finstern Zimmer die parallelen Strahlen der Sonne auf eine erhabene Linse fallen, wo man den durch Brechung in der Linse hinter derselben sich bildenden Strahlenkegel, und den umgekehrten nach der Durchkreuzung der Strahlen wahrnehmen kann.

Die Strahlen der Sonne sind wegen der weiten Entfernung derselben von der Erde als parallel untereinander anzusehen: daher zeigt sich hinter der Glaslinse im Brennpunkte derselben das kreisrunde Bild der Sonne, der wegen der Erhitzung, die er bewirkt, zu der allgemeinen Benennung des Brennpunktes für den Vereinigungspunkt der parallel einfallenden Strahlen Anlaß gegeben hat.

„Man halte ein Sammelglas vor das Auge, und betrachte einen Gegenstand, der entfernter als die Brennweite liegt: man wird ihn nur sehr undeutlich sehen. Rückt man den Gegenstand bis in den Brennpunkt, so werden ihn nur sehr wenig Augen (die weitsichtigsten) deutlich begränzt sehen. Rückt man ihn innerhalb der Brennweite, so sieht man ihn deutlicher aufrecht und vergrößert, und es giebt für jedes Auge innerhalb der Brennweite eine Stelle, wo es das Bild mit völliger Deutlichkeit sieht.

„Wenn man sich umgekehrt mit dem Glase immer weiter vom Gegenstande entfernt, und das Glas nahe vor dem Auge behält, so nimmt die Undeutlichkeit immer zu. Steht aber der Gegenstand weit außer der Brennweite, und man entfernt nun das Glas vom Auge gegen den Gegenstand, bis das Auge beträchtlich hinter dem Brennpunkte steht, so erblickt man den Gegenstand verkehrt im Glase (oder vielmehr zwischen Glas und Auge freischwebend). F.

Es sey (Fig. 99.) OCB ein Object, das von der biconvexen Glaslinse ab weiter absteht, als derselben Brennpunkt F. Von dem mittlern Punkte C des Objects geht ein Strahlenkegel nach der Linse, und die divergirenden Strahlen desselben werden zu convergirenden, vereinigen sich aber später zusammen, als in der Brennweite der Linse F, wie die Berechnung im 708. §. lehrt; sie kommen in c zusammen, und fahren hier wieder als divergirende aus einander. Ihr Vereinigungspunkt in c ist das Bild vom Punkte C. Eben so werfen die Punkte O und B jeder einen Strahlenkegel nach der Linse; und die Strahlen jedes Kegels werden durch die Brechung zu convergirenden, und machen ein Bild in o und b von den Punkten O und B. So entsteht nun ein Bild bco des ganzen Objects OCB, das aber gegen das Object verkehrt steht, und der Linse näher ist, als das Object auf der andern Seite. Wenn bco das Object wäre, so würde OCB das Bild davon seyn. — Wenn in bco eine zurückstrahlende Fläche ist, die sonst nur wenig Erleuchtung erhält, so wird das Bild bco des Gegenstandes OCB darauf wahrzunehmen seyn.

§. 712. **Die Entfernung des Bildes hinter dem Glase findet man, wenn man das Product aus der Brennweite des Glases in die Entfernung des Objects vom Glase durch die Differenz der Entfernung des Objects von der Brennweite des Glases dividirt. Der Quotient giebt die Entfernung des Bildes. Die Entfernung des Objects vom**

Glase verhält sich zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objects zum Halbmesser des Bildes.

„Nach §. 708. Zusatz n. 5. ist $\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha}$; also $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a} = \frac{a-p}{ap}$; also $\alpha = \frac{ap}{a-p}$, welches die Regel des §. ist."

„Da ferner in der Mitte einer Glaslinse die beyden Flächen die Achse senkrecht schneiden, also einander parallel sind, so geht jeder Strahl, der mit der Achse keinen zu großen Winkel macht, durch die Mitte der Linse, wie durch ein Planglas, also so gut als ungebrochen; daher man die Mitte des Glases das optische Centrum nennt. Ist nun (Fig. 99.) in D das optische Centrum, so sind die Strahlen ODo, CDc gerade Linien, also die Dreyecke DOC, Doc ähnlich, und Dc : DC = CO : co."

§. 713. Zur Erläuterung der bisher vorgetragenen Sätze von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts, der Zurückstrahlung, und besonders der Brechung in erhabenen Gläsern, und auch sonst zur Belehrung und Belustigung, dienen:

1) Die Camera obscura des Baptista Porta, wovon man die optische und dioptrische unterscheidet. Zu der letztern gehört auch die sogenannte helle Kammer (Camera clara).

I. B. Portae Magiae naturalis, sive de miraculis rerum naturalium libr. IV. Neap. 1558. Fol. Antwerp. 1576. 12. Sehr verm. in libr. XX. Neap. 1589. Fol. Amstelod. 1664. 12.

2) Kirchers Zauberlaterne (Laterna magica).

Athanas. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Amstelod. 1671. Fol. *s'Gravesande* Phys. elem. mathem. T. II. S. 878 ff.

3) Lieberkühns Sonnenmikroscop (Microscopium solare).

Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroscops, von Joh. Ernst Basil. Wiedeburg. Nürnb. 1758. 4.

„Beschreibung eines neuen Sonnenmikroscops, welches sich achromatisch machen läßt, von Dav. Brewster; Gilberts Ann. L. S. 270. K."

4) Adams Lampenmikroscop.

Essay on the microscope, by *Adams*. Lond. 1787 gr. 4. S. 65. Theorie und Beschreibung des von dem jüngern Herrn Adams verbesserten Lampenmikroscops, von Herrn. Schmidt; in Gren's neuem Journ. d. Physik, B. I. S. 247 ff.

5) Martins Sonnenmikroscop für undurchsichtige Gegenstände, wozu auch Aepinus eine Einrichtung des gewöhnlichen Sonnenmikroscops nach Lieberkühns Vorschlage beschrieben hat.

Description and use of an opake solar microscope. Lond. 1774. 8. Adams a. a. O. S. 92. *Emendatio microscopii solaris, auct. F. V. T. Aepino*, in den *nov. comment. petrop.* T. III. S. 316 ff.

6) „Wollaston's *Camera lucida.*"

„Wollaston in Gilbert's Ann. XXXIV. S. 355. Weickert: Anzeige eines mit der Camera lucida verbundenen zusammengesetzten Mikroscops, durch welches man sehr leicht Gegenstände stark vergrößert abzeichnen kann; a. a. O. XL. S. 110. Lüdicke Beschreibung einer verbesserten Camera lucida; a. a. O. XLII. S. 338. Kr."

a) Unter der optischen Camera obscura versteht man ein verfinstertes Zimmer, oder sonstigen Raum, in welchem das Licht äußerer Gegenstände bloß durch ein kleines Loch in einer der Wände einfällt; wo dann auf der gegenüberstehenden Wand, eine verkehrte, aber nicht scharfe Abbildung der äußern Gegenstände entsteht. Diese Erscheinung zu erklären, nehme man zuerst an, es fahre (Fig. 100.) durch die enge Oeffnung f der Wand ab, die das finstere Zimmer von den erleuchteten Gegenständen trennt, von jedem Punkte dieser Gegenstände, welcher der Oeffnung zugekehrt ist, ein Lichtstrahl durch das Loch (wie von den Punkten C, E und D des Gegenstandes der Strahl Cc, Ee und Dd), und falle auf die Wand im finstern Zimmer, ohne daß zugleich von den benachbarten Punkten des Gegenstandes ein Lichtstrahl auf denselben Punkt dieser Wand fallen kann. Von dieser Wand gehen nun die Lichtstrahlen wieder zurück in das Auge des Zuschauers, der also auf derselben das umgekehrte Bild dec des Gegenstandes CED sieht. Denn da die Strahlen sich in der Oeffnung durchkreuzen, so muß das Bild verkehrt werden. Es wird desto kleiner seyn müssen, je näher die Wand, worauf es sich abbildet, an der Oeffnung steht; desto größer, je weiter sie davon entfernt ist. Indessen ist diese Vorstellung von einzelnen Lichtstrahlen, die von den Punkten des Gegenstandes nach der Oeffnung zu gehen sollen, nicht der Natur gemäß, sondern es fahren vielmehr von den erleuchteten Punkten Strahlenkegel nach der engen Oeffnung f, die ihre Spitze am strahlenden Punkte haben, und deren Grundfläche die Oeffnung f ist. Die Strahlen dieser einzelnen Lichtkegel breiten sich bey ihrem Fortgange durch die Oeffnung im Zimmer immer weiter aus, und bilden auf der Wand, von der sie aufgefangen werden, erleuchtete Kreisflächen oder elliptische Flächen, je nachdem sie senkrecht oder schief darauf fallen. Diese Flächen, die von den Kegeln benachbarter strahlender Punkte des Objects herrüh-

:n, decken sich größtentheils; von jeder Fläche bleibt aber doch ein
unkt, nehmlich um des Lichtkegels Achse, der das empfangene Licht
iner und minder vermischt ins Auge divergirend zurückstrahlt, als
e übrigen, von andern benachbarten Flächen mehr gedeckten Punk-
dieser Fläche. So entsteht nun durch die Zurückstrahlung von die-
n Punkten der Wand die Empfindung eines Bildes des Gegenstan-
s. Da die Strahlenkegel sich durchkreuzen, so ist das Bild ver-
hrt. Je weiter von der Oeffnung im finstern Zimmer das Bild
ıfgefangen wird, um desto geringer ist wegen der Divergenz der
Strahlen die Erleuchtung der zurückstrahlenden Punkte der Wand:
n desto minder lebhaft ist also das Bild, und auch um desto mehr
rgrößert. Da die weiße Wand das Licht so zurückstrahlt, wie sie
empfängt, so behalten auch die Punkte des Bildes die Farbe,
elche die Strahlen des Strahlenkegels hatten, von dem das Licht
s Punktes herrührt; das Auge sieht also das Bild mit den natür-
chen Farben des Objects. Je größer die Oeffnung f wird, desto
ndeutlicher wird das Bild, weil sich dann desto mehr Strahlenke-
el verschiedener Punkte decken, folglich jene zurückstrahlenden Punk-
der Wand desto mehr das Licht vermischt mit dem Lichte anderer
enachbarten strahlenden Punkte dem Auge zusenden, und also das
ild des ganzen Gegenstandes weniger rein erhalten werden kann.
ndessen darf auch die Oeffnung nicht gar zu fein seyn, weil sonst
ieder nicht Erleuchtung genug Statt findet, um die Netzhaut im
uge gehörig zu afficiren. Hierin ist auch der Grund zu finden,
arum man bey verengter Pupille, wenn man aus dem starken Ta-
eslichte plötzlich ins finstere Zimmer tritt, das Bild der Wand nicht
eich sieht, sondern erst eine Zeitlang nachher, wenn durch die er-
olgende Erweiterung der Pupille mehr Licht ins Auge kommen kann.
ebrigens erhellet aus dem Angeführten leicht, warum die Bilder
n finstern Zimmer nie scharfe und genaue Umrisse und nie die Deut-
chkeit des Gegenstandes haben, und warum sie, bey übrigens glei-
er Oeffnung und gleicher Entfernung der Wand davon, desto leb-
after sind, je mehr die sich abbildenden Gegenstände erleuchtet sind.

In jedem Zimmer, vor welchem erleuchtete Gegenstände stehen,
ren Punkte durch die Fenster des Zimmers Strahlenkegel auf die
Wände des Zimmers werfen, würden Bilder dieser Gegenstände
tstehen müssen. Da aber hier jeder Punkt der Wand nicht bloß
n einem Punkte der Gegenstände, sondern auch von unzähligen an-
rn zugleich Licht empfängt, das er wieder zurückstrahlt, so kann
in reines und unvermischtes Bild der Gegenstände erzeugt werden;
r können also keine Bilder empfinden, sondern sehen bloß die zu-
ckstrahlenden Punkte der Wand selbst.

Wenn in die Oeffnung f der Wand des finstern Zimmers ab
ig. 101) eine erhabene Glaslinse gesetzt wird, deren Brennweite
ehrere Fuß beträgt, so werden die divergirenden Strahlen der
trahlenkegel, die von den leuchtenden Punkten der Gegenstände
ch der Linie zu gehen, durch die Brechung zu convergirenden:
rd nun die Wand, auf der sich das Bild abmahlen soll, genau in
Vereinigungspunkt der Strahlen der einzelnen Strahlenkegel
stellt, so entsteht ein reineres Bild des strahlenden Punktes, und
des ganzen Gegenstandes auf der Wand in dieser dioptrischen Ca-

mera obscura, als in der vorigen optischen. Da aber, bey der verschiedenen Entfernung mehrerer strahlenden Punkte der Objecte und eines und desselben Objects, von der Linse, der Vereinigungspunkt der einzelnen Strahlen, die zu einerley Strahlenkegel gehören, ungleich weit von der Linse entfernt ist: so sieht man leicht, daß man von den verschiedentlich weit entfernten Gegenständen, oder Punkten der Gegenstände, nicht gleich deutliche Bilder erhält.

Hierher gehört nun auch die tragbare Camera obscura (Camera obscura portatilis), der im Ganzen die Einrichtung des eigentlich finstern Zimmers ähnlich ist. (M. s. *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. §. 1656.)

Die Rheinthalerische *Camera clara* ist im Grunde nichts weiter, als eine solche tragbare Camera obscura, übertrifft aber an Nettigkeit der Abbildung und an Klarheit des Bildes die letztere sehr; ihr Unterschied ist, daß das Bild darin nochmals durch ein erhabenes Glas betrachtet wird, und daß wegen der großen Oeffnung der Gläser die Darstellung darin sehr licht und hell wird. Es sey (Fig. 102.) DFGH ein hölzerner Kasten, der zur Verhütung des falschen Lichts inwendig schwarz gefärbt ist. In der vordern Wand DG ist ein erhaben geschliffenes Glas; in der Diagonalfläche Im steht ein Planspiegel, und in der oberen Wand DF ist wieder ein erhaben geschliffenes Glas. Wenn nun die vordere Wand DG einem erleuchteten Gegenstande zugekehrt ist, der weiter davon absteht, als die Brennweite der Linse in DG beträgt; so würde er in dem Kasten hinter der Linse ein umgekehrtes Bild von sich machen, das um desto mehr verkleinert ist und desto näher gegen die Linse zu steht, je weiter der Gegenstand vom Glase entfernt ist, wie aus dem Vorigen bekannt ist. Ehe aber die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel zu einem Punkte, oder zu einem Bilde des Punktes, zusammentreffen können, fahren sie auf den Planspiegel Im, werden von diesem unter eben dem Winkel reflectirt, unter dem sie auffallen, und machen ein horizontales Bild des ganzen Gegenstandes in der Verkleinerung, die der Weite des Gegenstandes und der Krümmung der Linse zugehörig ist. Da dieses Bild der obern Linse näher liegt, als ihre Brennweite beträgt, so werden die davon ausfahrenden Strahlen bloß als minder divergirende ins Auge kommen, und also nur verursachen, daß das Bild tiefer vom Auge hinabgesetzt und größer wahrgenommen wird. Je weiter der Gegenstand von der Linse in DG abrückt: desto weiter liegt das Bild ab von der Linse in DF hinab entfernt; desto weniger divergirend werden die Strahlen, die von den Punkten, welche das Bild machen und nach der Linse in DF zu gehen, nach der Brechung in derselben: folglich desto weiter scheint das Bild entfernt. Daher bilden sich Landschaften u. dergl. Gegenstände in dieser Camera clara perspectivisch ab. Gewöhnlich ist die Einrichtung so gemacht, daß die Wand DG vom Spiegel ml mehr oder weniger entfernt werden kann, wodurch das Bild eines nahen Gegenstandes, welches durch das Glas in DF betrachtet wird, mehr oder weniger vergrößert erscheint. Um das Bild in dieser Camera clara zu sehen, muß man das Auge über das Glas in FD halten. Es ist aber zu merken, daß auf dieses Glas wenig oder kein sehr starkes Licht von andern Gegenständen fallen muß, wenn man das Bild darunter gehörig deutlich sehen will: daher ist es am besten,

auf DF noch einen oben offenen viereckigen, inwendig geschwärzten Kasten von Pappe oder Holz zu setzen, in den man hinab sieht.

2) Das Wesentliche der Zauberlaterne wird aus Folgendem erhellen. Im Brennpunkte F eines Hohlspiegels ab (Fig. 103.) stehe die Flamme einer Lampe. Die divergirenden Strahlen Fg, Fe, Fh werden von demselben als parallele zurückgeworfen, sie treffen bey ihrem Fortgange auf das erhabene Glas kl, und werden durch dasselbe zu convergirenden Strahlen gemacht. Ehe sie aber noch in dem Brennpunkt der Linse kl zusammenlaufen, treffen sie auf die durchscheinend gemahlte Abbildung auf Glas, das in ADB steht. (Die übrigen Stellen des Glases sind undurchsichtig gemacht.) Die Strahlen gewähren solchergestalt der Abbildung eine starke Erleuchtung. Sie fahren convergirend auf die zweyte Glaslinse mn, und werden dadurch noch stärker convergirend; sie treffen in f mit der Achse zusammen, durchkreutzen sich daselbst, und gehen als divergirende auf die dritte Glaslinse op, wo sie, weil f näher liegt, als die Brennweite paralleler Strahlen ist, als minder divergirende ausfahren. Steht nun die Lampe in einem Gehäuse eingeschlossen, das bloß nach der Seite der Linsen zu offen ist, so wird in einem dunkeln Zimmer auf der weißen Wand bda ein hell erleuchteter Kreis gebildet, wenn das Gemählde AB nicht da ist, der desto größer ist, je weiter die Wand bda von der Zauberlaterne entfernt steht, der aber auch desto mehr in der Intensität seiner Erleuchtung geschwächt ist. Das letzte Glas op muß von mn mehr entfernt oder ihm mehr genähert werden können, damit die durch dasselbe hindurchfahrenden Strahlen weniger oder mehr divergirend gemacht werden können. Wird das Gemählde an seinen Ort ADB gestellt, so mahlt sich das Bild auf der Wand bda ab, und zwar umgekehrt, wegen der Durchkreutzung der Strahlen in f. Da aber eigentlich von den Punkten des erleuchteten Gemähldes in AB nicht einzelne Lichtstrahlen, sondern Strahlkegel ausfahren, deren Strahlen durch die Brechung in op wieder zu convergirenden werden; so wird das Bild auf der Wand bda nur bey einer gewissen Entfernung derselben von der Linse op die gehörige Deutlichkeit haben, nähmlich nur alsdann, wenn die Vereinigungspunkte der Strahlen einzelner Strahlenkegel genau auf die Wand treffen. Ist dieß nicht der Fall, so muß man die Linse op, oder die ganze Geräthschaft, so lange verschieben, bis das Bild die gehörige Deutlichkeit hat. Damit das Bild gerad werde, stellt man das Gemählde in AB verkehrt. Läßt man das Bild in einen aufsteigenden Rauch fallen, so scheint es einen körperlichen Raum einzunehmen und kann täuschende Erscheinungen hervorbringen. (Das Glas kl ist entbehrlich.)

3) Das Sonnenmikroscop, dessen Erfinder der sel. Lieberkühn ist, ist von der Zauberlaterne dadurch unterschieden, daß die Erleuchtung dabey durch das ungleich stärkere Sonnenlicht erhalten wird. Es werden nehmlich die Strahlen der Sonne durch einen Planspiegel auf eine in der Oeffnung des finstern Zimmers stehende Glaslinse senkrecht reflectirt, und durch Brechung zu convergirenden gemacht; ehe sie aber noch in den Brennpunkt der Linse zusammenlaufen, treffen sie in dem Rohre, worein man sie gehen läßt, auf einen kleinen durchscheinenden Gegenstand, der in einem Objectenträger gehalten wird, und gewähren ihm so eine sehr starke Erleuchtung. Die das

von ausfahrenden Lichtstrahlen gehen dann wieder auf eine kleine mikroskopische Linse, die der erstern Linse etwas näher steht, als die Summe ihrer Brennweiten beträgt, damit die Strahlen als stark divergirende aus ihr herausfahren. Stellt man nun eine weiße Wand gegenüber, so bildet sich das kleine Object darauf ungemein stark vergrößert ab, und zwar um desto mehr, je weiter man die Wand davon entfernt, oder je kleiner die Brennweite der mikroscopischen Linse ist. Eigentlich ist es doch nur der Schatten des Objects, der seine Umrisse bestimmt, obgleich auch die durchscheinenden Stellen desselben Licht durchlassen, und daher auch im Bilde die Farbe zeigen, die sie selbst haben.

Die nähere Beschaffenheit dieser schätzbaren Vorrichtung läßt sich am besten durch die Zerlegung derselben und durch ihren Gebrauch zeigen.

§. 714. Hohlgläser, (§. 705.), namentlich das Planconcavglas, das concavconcave, und convexconcave, zerstreuen die Strahlen, welche von den erhabenen Gläsern gesammelt werden (§. 707), und heißen deßwegen auch **Zerstreuungsgläser.** 1) Parallel mit der Achse darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen divergirend, und haben eine Richtung, als wenn sie alle aus einem Punkte kämen, der auf der andern Seite des Glases liegt und der **Zerstreuungspunkt** (Punctum dispersionis) oder der eingebildete auch negative Brennpunkt heißt; 2) divergirend darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen noch mehr divergirend; und 3) convergirend auffallende werden entweder weniger convergirend, oder parallel, oder gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer ist.

1) Es falle (Fig. 104.) auf die biconcave Glaslinse ab der Strahl op, so wird er, weil er senkrecht auf den Flächen der Linse steht, ungebrochen nach k hindurchgehen. Mit diesem fallen die Strahlen nd und me parallel. Sie werden auf dem Einfallspunkte der erstern Krümmung der Linse dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Austritte aus der andern Krümmung vom Einfallslothe daselbst abgelenkt, und erhalten die Richtung nach i und l. Sie fahren also divergirend aus, so, als wenn sie, ohne die Linse, von F herkämen. Diesen Punkt F nennt man daher auch den eingebildeten Brennpunkt der parallelen auf die Linse fallenden Strahlen.

2) Es fallen (Fig. 105.) von dem Punkte d die divergirend ausgehenden Strahlen df, de und dg auf die biconvexe Linse ab. Der Strahl de geht ungebrochen durch nach l, da er senkrecht darauf steht; die Strahlen df und dg hingegen werden durch die doppelten Brechungen auf beyden Flächen der Linse in die Richtungen nach k

und m gebracht, und fahren so aus dem Glase, als ob sie von o herkämen. Da der Winkel kom grösser ist, als fdg, so ist die Divergenz der Strahlen vermehrt.

g) Es fallen (Fig. 105.) die convergirenden Strahlen k, l und m auf die Linse ab; sie werden durch die Brechung nach d zu gehen und daselbst zusammentreffen. Da nun klg kleiner ist, als kom, so ist die Convergenz vermindert.

Wenn die convergirenden Strahlen t, kl (Fig. 104.) nach dem imaginären Brennpunkte F der biconvexen Linse ab zugerichtet sind, so werden sie durch die Brechung zu den parallelen du, po, em.

Wenn endlich (Fig. 106.) die convergirenden Strahlen t, k und l noch o, als der doppelten Brennweite der Linse ab, zu gerichtet sind, so werden sie nach der Brechung so divergiren, als ob sie von der doppelten Brennweite der Linse auf der andern Seite herrührten.

* * *

„Die oben (§. 708 Anm.) entwickelten Formeln finden eben so wohl bey Zerstreuungs- als bey Sammel-Gläsern ihre Anwendung; nur muß man in der Anwendung auf bestimmte Fälle den Halbmessern concaver Flächen das Zeichen — geben."

a) „Für doppelt concave Gläser ist so wohl f als g negativ: also $\frac{1}{p} = -\frac{n-1}{f} - \frac{n-1}{g}$ (n. 4.); oder $p = \frac{-fg}{(n-1)(f+g)}$ (n. 6.); also wenn $n = \frac{3}{2}$ $p = \frac{-fg}{\frac{1}{2}(f+g)}$; wenn ferner $f = g$; $p = -f$."

2) „Für planconcave Gläser ist ein Halbmesser z. B. g unendlich, und der andere negativ zu setzen; man hat also $\frac{1}{p} = -\frac{n-1}{f}$ (n. 4.); also $p = -\frac{f}{n-1}$ oder wenn $n = \frac{3}{2}$; $p = -2f$."

3) „Für ein convexconcaves Glas ist ein Halbmesser z. B. g negativ und kleiner als f zu setzen; man hat also $\frac{1}{p} = \frac{n-1}{f} - \frac{n-1}{g}$ (n. 4.) oder $p = \frac{fg}{(n-1)(f-g)}$ (n. 6.); und wenn $n = \frac{3}{2}$, so ist $p = \frac{-fg}{\frac{1}{2}(f-g)}$."

4) „Da p in allen diesen Fällen negativ wird, so muß man in der Formel $\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha}$ (n. 5.) p negativ, also in der Anwendung auf Zerstreuungsgläser, allezeit $-\frac{1}{p} = \frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha}$ setzen. F."

§. 715. Da die Hohlgläser die Strahlen, welche divergirend von einem Gegenstande ausfahren (§. 714.), zerstreuen, und der Punkt des Bildes eines Gegenstandes nur da gesehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen sich durchschneiden (§. 682.), dieses aber in Hohlgläsern nicht geschieht: so sieht man, daß sie auch kein wirkliches Bild von den Gegenständen machen können. Da sie aber aus dem Glase in einer solchen Lage aus einander fahren, daß sie rückwärts verlängert hinter dem Glase in einerley Vereinigungspunkt zusammenlaufen würden, so nimmt man diesen eingebildeten Vereinigungspunkt der Strahlen von einem Objecte als das Bild des Objects an. Dieses Bild ist aber nur ein mathematisches, und kein physisches Bild. („Wenn indessen ein durch ein Sammelglas gemachtes Bild die Stelle eines Objects für ein Zerstreuungsglas vertritt, so können Fälle vorkommen, wo auch das letztere ein wirkliches Bild hervorbringt.")

„Eine vollständige Auseinandersetzung aller möglichen Fälle, welche bey beyden Arten von Gläsern vorkommen können, habe ich in meinem Lehrbuch der mechanischen Naturlehre (Berlin 1805(im achten) Abschnitte gegeben. F."

Verschiedene Brechbarkeit des farbigen Lichts.

Newton's Farbentheorie.

§. 716. Mit der Brechung des Lichts in durchsichtigen Mitteln von verschiedener Dichtigkeit ist noch ein anderer merkwürdiger Erfolg verbunden, nehmlich die Trennung des weißen Lichtstrahls in mehrere gefärbte. Wenn man diesemnach ein dünnes Bündel weißer Sonnenstrahlen, FG (Fig. 207.) durch eine kleine runde Oeffnung von ohn-

gefähr $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser in ein dunkles verfinstertes Zimmer so fallen läßt, daß es von einem gläsernen horizontal gestellten dreyseitigen Prisma P aufgefangen wird, so wird der Strahl nach dem Durchgange durchs Prisma auf der vertical stehenden Wand in I kein rundes und weißes Bild der Sonne machen, wie er thun müßte, da bey der Brechung in ebenen Flächen parallele Strahlen parallel bleiben (§. 701.); sondern man sieht auf der Wand ein längliches **Farbenbild** (Spectrum) BC, das an den beyden Seiten durch gerade parallele Linien, oben und unten aber durch Cirkelbogen begränzt ist, und aus folgenden über einander liegenden, in einander fließenden, und verschiedentlich gefärbten Streifen besteht, nehmlich von unten nach oben zu: **roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, indigoblau, violett.**

§. 717. Ehe wir zur Erklärung dieses an fruchtbaren Folgerungen so überaus reichen Phänomens übergehen, das seit **Newton** den Namen der **verschiedenen Brechbarkeit des Lichts** (Diversa refrangibilitas radiorum lucis) erhalten hat, wollen wir erst noch mehrere Umstände des Phänomens näher betrachten, die zur Erläuterung der Theorie des unsterblichen Erfinders und seiner darauf gebaueten Lehre von den Farben abzwecken.

Optice, sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis, libri III. auct. *If. Newtono*, lat. redd. *Sam. Clarke*, Lond. 1706. 4.

§. 718. Die Breite des auf der Wand in BC (Fig. 107.) hervorgebrachten Farbenbildes ist die des weißen Kreises, der ohne das Prisma von dem Strahlenbündel FG, an der gegenüberstehenden Wand BC gebildet werden würde; die Länge des Bildes übertrifft die Breite desto mehr, je weiter man das Bild auffängt; in einer Entfernung von 16 bis 20 Fuß hinter dem Prisma, etwa fünfmal. Wenn man die Länge des Farbenbildes = 1 setzt, so beträgt die Höhe des rothen farbigen Streifens $\frac{1}{8}$, des orangefarbenen $\frac{3}{40}$, des hellgelben $\frac{2}{15}$, des grünen $\frac{1}{6}$, des

hell

hellblauen $\frac{1}{8}$, des indigoblauen $\frac{1}{9}$, des violblauen $\frac{2}{9}$. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach Verhältniß dieser Räume ein, so kommen für das Rothe 45, für das Orangegelbe 27, für das Hellgelbe 48, für das Grüne 60, für das Hellblaue 60, für das Indigoblaue 40, und für das Violblaue 80 Grade dieser Peripherie.

„Die hier angegebenen Newtonschen Verhältnisse sind nur als ohngefähre Schätzungen anzusehen, welche bey dem gewöhnlichen Spiegelglase erträglich zutreffen; bey Flintglas und andern durchsichtigen Körpern aber stärker abweichen. F."

§. 719. Wenn man die durch das erstere Prisma P hindurchgehenden gefärbten Strahlen (Fig. 108.) etwa in der Entfernung von einem Fuße durch ein zweytes dreyseitiges Prisma AB, dessen Achse vertical gestellt ist, gehen läßt, so erscheint das Farbenbild auf der Wand mit denselben Dimensionen und in seiner Farbenreihe dem erstern ähnlich, aber in einer geneigten Stellung MN.

§. 720. Wenn man in dem Versuche (Fig. 107.) durchsichtige Gläser, die gleichförmig roth, oder grün, oder blau gefärbt, und auf beyden Flächen eben sind, hinter das Prisma in der Entfernung von einem Fuße in die aus demselben fahrenden gefärbten Strahlen hält, so läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt, und die durchgehenden Strahlen bilden auf der Wand einen einzigen, gleichförmig gefärbten Kreis, dessen Durchmesser die Breite des Farbenbildes hat.

„Es ist nicht unmöglich, daß der Versuch mit gewissen gefärbten Gläsern gelinge; aber im Allgemeinen ist er unrichtig, und der Verfasser hat hier den unter §. 731. richtig angegebenen Unterschied zwischen einfachen und zusammengesetzten Farben selbst übersehen. Ich lasse aber den §. stehen, um den Leser vor Irrungen in der Farbenlehre zu warnen. F."

„Das gefärbte Glas muß in eine solche Ferne gestellt werden, daß es genau die mit Hülfe einer converen Linse zuvor vereinten und zur Kreuzung zu bringenden Farbestrahlen dort aufnimmt, wo sie sich kreuzen, so daß das weiße Licht, welches aus der Vereinigung hervorgeht, genau in das gefärbte Glas fällt und von hier aus weiter geht. Kr."

§. 721. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen, die aus dem ersten Prisma SVT (Fig. 109.) herauskommen, in einer hinlänglichen Entfernung durch eine kleine Oeffnung X eins vertical gestellten Bretes PQ gehen, und, um die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen desto besser abzusondern, sie noch einmal durch die eben so große Oeffnung eines andern Bretes pq treten, das mit dem erstern parallel und etwa 10 bis 12 Fuß davon gestellt ist. Die durchgehenden Strahlen fange man mit einem zweyten Prisma stv auf, so wird der einfach gefärbte Strahl auf der Wand Yy nach diesem zweyten Brechen in der Farbe umgeändert erscheinen und ein kreisrundes Bild auf der Wand machen. Durch sanfte Umdrehung des erstern Prisma SVT kann man nach und nach alle einfach gefärbte Strahlen des siebenfachen Farbenbildes durch das Loch in X bringen. Wenn sie nun so alle einzeln nach und nach unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma stv gebracht worden sind, so wird man wahrnehmen, daß der rothe Strahl auf der Wand Yy am niedrigsten nach Z zu, der orangefarbene etwas höher, der gelbe noch etwas höher, und so immer fort, nach der Reihe der Farben im Farbenbilde von unten auf zu liegen kommen. Der rothe Strahl wird also weniger gebrochen, als der grüne; dieser weniger, als der blaue; und der violette am stärksten. Die verschiedenen Strahlen des siebenfachen farbigen Lichtes in dem Farbenbilde des Prisma haben also ein verschiedenes Brechungsverhältniß in einerley brechenden Mitteln.

„Soll dieser Versuch, der ein Hauptversuch in der Farbenlehre ist, gelingen, so ist viel Vorsicht anzuwenden. Das Prisma muß äußerst rein seyn; die Löcher in den beyden (schwarz, aber nicht glänzend gefärbten) Bretern müssen so klein seyn, daß der aus dem zweyten Loche ausfahrende Strahl gerade nur noch sichtbar ist; eben deßwegen muß das Zimmer aufs beste verfinstert seyn, um diesen Strahl auch wenn er schwach ist, noch sehen zu können. F."

Wenn wir den gemeinschaftlichen Einfallssinus bey den verschiedentlich gefärbten Strahlen des Farbenbildes = 1 setzen; so ist der Brechungssinus, wenn das Licht aus einem und demselben Glase in die Luft tritt, in dem Lichte des Farbenbildes:

für die rothen Strahlen von der untersten Gränze des Farbenbildes bis zur Gränze des Orangegelb = 1,54 bis 1,5425;
für die orangefarbenen bis zur Gränze des Hellgelb = 1,5425 bis 1,544;
für die hellgelben bis zur Gränze des Grün = 1,544 bis 1,54667;
für die grünen bis zur Gränze des Hellblau = 1,54667 bis 1,55;
für die hellblauen bis zur Gränze des Indigoblau = 1,55 bis 1,55333;
für die indigoblauen bis zur Gränze des Violett = 1,55333 bis 1,55555;
für die violetten bis zur obersten Gränze des Farbenbildes = 1,55555 bis 1,56.

Die größte Brechbarkeit des violblauen und die kleinste des rothen Strahls ist also gegen einander wie 1,56 : 1,54 = 78 : 77.

„Dieß sind Newtons sehr sorgfältig gemachte Bestimmungen, die aber nur für das gemeine Spiegelglas, das wenig oder nichts metallisches enthält, als gültig anzusehen sind. F."

§. 722. Man lasse auf ein rechtwinkliges Prisma IKL (Fig. 110.) im finstern Zimmer ein Bündel Sonnenstrahlen so fallen, daß es auf die Fläche IK des Prisma fast perpendiculär zu stehen kommt, so wird es durch diese Fläche ungebrochen fortgehen, aber beym Austritte aus der Fläche IL in M gebrochen werden, und ein Farbenbild QRS auf der verticalen Wand NN machen. Man drehe nun das Prisma IKL von I nach K allmählig um seine Achse, während man noch ein anderes Prisma in VTX gestellt hat, dessen zwey breitere Flächen einen Winkel von etwa 55 Gr. mit einander machen. So wie jetzt durch die Umdrehung des Prisma IKL der Strahl gegen die Fläche IL unter einem Winkel von 50 Gr. zu fallen anfängt, so wird, wie schon oben (§. 699.) bemerkt worden ist, ein Theil des Lichts durch M nicht mehr hindurchgehen, sondern die Brechung wird sich in Zurückstrahlung verwandeln, und es wird endlich alles Licht reflectirt werden, so wie der Winkel kleiner wird. Bei dieser allmähligen Abnahme des Winkels durch die Umdrehung des Prisma fängt nun ein Theil Licht an, nach O zu reflectirt zu werden; wird es nun hier von einem andern Prisma gebrochen, so bildet sich auf der Wand PQ ein Farbenbild, und zwar zuerst ein violblaues in q, hernach auch noch das andere Blau daneben, dann ein grünes in r, u. s. w., fort, bis zuletzt auch das Roth

in s dazu kommt, so wie man fortfährt, das Prisma IKL allmählig von I nach K umzudrehen. So wie aber die blau gefärbten Strahlen in q zum Vorschein kommen, so fangen sie an, dem ersten Bilde in Q zu mangeln; und die Farbe die in Q zuerst verschwindet, erscheint zuerst in q, u. s. f. Ein Beweis, daß unter den angeführten Umständen die blauen Strahlen eher reflectirt werden, als die grünen; diese eher, als die rothen; oder daß die brechbarsten Strahlen auch am leichtesten in M reflectirt werden.

§. 723. Man lasse einen Strahlencylinder durch eine runde Oeffnung in das finstere Zimmer in horizontaler Richtung treten; man lasse ihn in der Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Oeffnung auf eine vertical stehende erhabene Glaslinse LL (Fig. 111.), deren Brennweite 4 bis 5 Fuß beträgt, fallen, und die durchgehenden Strahlen nun durch das nahe dahinter gestellte Prisma GH brechen. Wenn man nun das Farbenbild ef in der Brennweite der Linse auffängt, so sieht man es länglich und schmal, und die Farben viel deutlicher, als ohne die Linse LL geschehen würde. Der Strahlencylinder würde ohne die Linse und ohne das Prisma auf der Wand den weiß leuchtenden Kreis abcd bilden; durch die Linse allein, ohne das Prisma, würden die Strahlen zu convergirenden werden, und also einen kleinen Kreis machen, dessen Centrum mit dem des vorigen einerley bliebe. Durch das Prisma wird der convergirende Strahlenkegel des weißen Lichts in so viele kleinere gespalten, als verschiedene Arten des Lichts von verschiedener Brechbarkeit (das sind eigentlich unzählige) in dem weißen Lichte enthalten sind; und es zeigen sich auf der Wand die Durchschnitte dieser einzelnen Kegel des verschiedentlich gefärbten Lichts, worin folglich nun jede Art der Farbe in einen kleinern Kreis verengt ist. Weil ferner die Mittelpunkte dieser kleinen Kreise verhältnißmäßig eben so weit von einander abstehen, als die der größern in einander fließenden des Farbenbildes EF, das ohne die Linse LL erhal-

net werden kann, so erscheint die Farbe lebhafter und reiner, als die Farbe der einzelnen Streifen im gewöhnlichen Farbenbilde EF. Indessen muß man nicht erwarten, daß in diesem Falle die Kreise wirklich von einander getrennt und abgesondert gesehen werden.

§. 724. Wenn man im finstern Zimmer die aus dem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen alle durch eine convexe Linse auffängt, so hat man im Brennpunkte derselben wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne, das man mit einem weißen Papiere auffangen kann. Hält man dieses näher nach der Linse zu, so erscheint das vorige gefärbte Bild wieder, nur mehr verengert, und in der vorigen Ordnung der Farben. Fängt man aber die Strahlen in einer größern Entfernung, als die Brennweite beträgt, dadurch auf, so ist auch das gefärbte Bild wieder da; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, wegen der Durchkreuzung der Strahlen im Brennpunkte, und das Bild ist desto größer, je weiter man das Papier entfernt.

§. 725. Wenn man einzelne Bündel der sieben gefärbten Lichtstrahlen nach §. 721. durch eine concave Linse auffängt, so ist das Bild davon im Brennpunkt der Linse zirkelrund, und hat dieselbe Farbe, als das darauf fallende gefärbte Licht. Die Brennweite der rothen Strahlen ist aber länger, als die der übrigen; die der blauen Strahlen am kürzesten, nach Verhältniß ihrer verschiedenen Brechbarkeit (§. 721. Anm.)

§. 726. Wenn man den durch eine runde Oeffnung in ein finsteres Zimmer fallenden Strahlencylinder in horizontaler Richtung mit einem gläsernen Kegel auffängt, dergestalt, daß die Spitze des Kegels den Strahlen zugekehrt ist: so zeigt sich auf der dahinter stehenden verticalen Wand ein schöner Kreis von den sieben Farben des Prisma, dessen Durchmesser immer größer wird, je weiter man die Wand vom Kegel entfernt, so wie dann auch die Breite der farbigen Flächen zunimmt. Die rothe Farbe liegt nach innen,

die violette nach außen. Hält man die Grundfläche des Kegels gegen den einfallenden Strahl, so zeigt sich diese Erscheinung nicht.

Es sey (Fig. 112.) ABC ein gläserner Kegel im Durchschnitte, auf welchen der Strahlenkegel DdEe fällt. Der Strahl SA, der auf des Kegels Spitze A trifft, geht ungebrochen durch nach I, da er des Kegels Achse ist. Die Strahlen, die oberhalb SA liegen, werden nach unten zu, und die unterhalb SA kommen, nach oben zu durch den Kegel gebrochen. Es wird nämlich der Strahl Dd erst in d dem Einfallslothe ih zugelenkt, und beym Ausgange auf der Grundfläche BC vom Einfallslothe nm abgelenkt. Da nun die violetten Strahlen stärker brechbar sind, als die rothen, so wird auch hiedurch das violette Licht mehr, als das rothe, nach unten zu unter die Achse des Kegels abgelenkt werden. Der Strahl Ee, der unterhalb der Achse SA den Kegel auffällt, wird in e erst dem Einfallslothe fg zugelenkt, und beym Ausgange aus des Kegels Grundfläche BC vom Einfallslothe kl abgelenkt; und weil die violetten Strahlen brechbarer sind, als die rothen, so kommen die ersten weiter von der Achse des Kegels AI hinauswärts, als die letztern. — Es liegen also in dem ganzen bunten Kreise, der sich bildet, die violetten nach außen, die rothen nach innen, und die andern verhältnißmäßig dazwischen.

Wenn hingegen (Fig. 115.) der Strahlencylinder DSE gegen des Kegels Grundfläche BC fällt, so entsteht kein farbiger Kreis. Der mittlere Strahl S geht ungebrochen durch die Spitze des Kegels, da er dessen Achse ist. Der Strahl D steht auch auf der Grundfläche BC senkrecht: er geht also ungebrochen ins Glas. Da er aber auf der Fläche BA so schief steht, daß beym Ausgange aus dieser Fläche in f in die Luft der Brechungssinus größer werden würde, als der Sinus totus, so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung (§. 699.). Er geht also nach der Fläche CA zu, wo er ungebrochen durchgehen muß, da er senkrecht oder nahe senkrecht darauf ist. So ist es mit allen über und unter der Achse SA auf die Fläche BC senkrecht fallenden Strahlen.

„Ein schönes länglichrundes Farbenbild erhält man, wenn die prismatisch gebrochenen Strahlen im dunkeln Zimmer mittelst eines Hohlspiegels (entweder insgesammt, oder nur die rothen, oder nur die violetten Strahlen) aufgefangen, rückwerfend zur Kreuzung gebracht und gegen die weiße Decke des Zimmers geworfen werden. Kr."

„Nach Fraunhofer ist die Stärke der Farbenzerstreuung in verschiedenen brechenden Medien verschieden; Gilbert's Ann. B. LIV. S. 264. Vergl. auch Brewster in Schweigger's Journ. B. XVII. S. 155. Und über die von Fraunhofer beobachteten merkwürdigen Streifen im Spectro; Gilbert a. a. O. Kr."

§. 727. Aus der verschiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen (§. 721.) folgt auch, daß in den verschiedentlichen Linsen die einfachen Strahlen des weißen Lichts, die von einerley Punkt kommen, nach den Wer-

[illegible] nicht in einerley Vereinigungspunkt zusammenlaufen, sondern daß es vielmehr für jedes einfache Licht einen eignen Vereinigungspunkt giebt; daß sie folglich auch so viele Bilder machen, als einfache Arten des Lichtes in dem weißen enthalten sind. Es decken sich zwar diese verschiedenen Bilder größtentheils, doch nicht vollkommen; und daher sieht man einen violetten und blauen Rand um die Bilder, die durch erhabene Linsen in dioptrischen Werkzeugen gebildet werden. Es folgt hieraus eine andere Art von Unvollkommenheit (§. 709.) der dioptrischen Werkzeuge, welche man die Abweichung der Strahlen wegen der Farben (Aberratio ob diversam refrangibilitatem) nennt.

§. 728. Die Darstellung der gefärbten Strahlen aus weißem Lichte geschieht nicht allein durch Glas, sondern durch jeden durchsichtigen Körper, dessen Flächen brechende Winkel bilden. Nicht allein das Sonnenlicht, sondern jedes andere Licht brennender Körper erleidet im Prisma die erwähnte Brechbarkeit und Absonderung in einfache Farben.

„Einen für Newton's Entdeckungen nicht unwichtigen Erfolg gewähren sieben hintereinander gelegte verschiedenfarbige, ebene, gleich dicke, gleich durchsichtige und gleichen Umfang habende Gläser (wie rothes, oranges, gelbes, grünes, hellblaues, indigoblaues und violettes) wenn sie zum Durchlassen des weißen (oder einzelnfarbigen) Lichtes ins finstere Zimmer gebraucht werden. Das durchgegangene aufgefangene Licht enthält nur noch eine sehr geringe Beimischung von weißem Licht. Kr."

§. 729. Aus diesen bisher vorgetragenen Erfahrungssätzen (§. 716 — 728) folgt nun nach Newton, daß das weiße Licht aus verschiedenen Gattungen des einfachen Lichts vermischt bestehe, die eine verschiedene Brechbarkeit (Refrangibilitas) besitzen, deren Verhältniß im 721. §. angegeben worden ist; und die eben aus dieser Ursache, wenn sie in der Vermischung, als weißes Licht, gleichen Einfallswinkel in der brechenden Fläche hatten, nicht gleichen Brechungswinkel haben können, folglich nun von einander abgesondert werden müssen und die ihnen eigenthüm-

liche Farbe zeigen. Von dieser Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des farbigen Lichts, die zusammen das Weiße ausmachen, rührt es nun her, daß das Farbenbild (§. 718.) länglich wird. Denn, wenn man gewöhnlich nur die erwähnten sieben Gattungen des farbigen Lichts annimmt, so giebt es doch eigentlich in jeder Art unzählige Verschiedenheiten der Brechbarkeit, die zwischen der größten und kleinsten Brechbarkeit inne liegen. Wenn wir also erst auf diejenigen der sieben Gattungen des farbigen Lichts Rücksicht nehmen, die die größte Brechbarkeit besitzen, nehmlich die äußersten violetten, so würden sie in der angeführten Erfahrung für sich allein ein kreisrundes Bild der Sonne auf der weißen Wand machen müssen, wenn das Prisma die gehörige Stellung hat. Kommen nun hierzu noch die zunächst darauf folgenden minder brechbaren violetten, so würden auch diese einen violetten Kreis bilden, der das Bild der Sonne ist, dessen Mittelpunkt aber mit dem des vorigen nahe zusammenfällt. So geht es nun fort, durch alle unzählige Gattungen des violetten Lichts bis zu den am mehresten brechbaren Gattungen der indigoblauen Strahlen, und so weiter bis herab zu den am wenigsten brechbaren rothen. Es entstehen also lauter in einander fließende Kreise der unzählig verschiedenen Arten des farbigen Lichts, wovon wir freylich nur sieben verschiedene Gattungen des Lichts, nach der Beschränktheit unserer subjectiven Einrichtung, unterscheiden können, bey denen wir aber doch wahrnehmen, daß keine scharfe Gränzlinie diese sieben verschiedenen Gattungen von einander absondert. So wird es nun einleuchtend, warum das Farbenbild zur Seite durch parallele gerade Linien, oben und unten aber durch Zirkelbogen begränzt ist. Die längliche Gestalt des Farbenbildes ist also bloß Folge der verschiedenen Brechbarkeit, und die Erfahrung im 719. §. bestätigt es vollkommen. Denn, wenn sie nur von der bloßen Distraction des Lichts herrührte, so müßte die zweyte Brechung (Fig. 108.) es nachher auch in der Breite ausdehnen;

und dann müßte das neue Farbenbild die Figur des Quadrats MmNn haben, was nicht ist. Die Erfahrungen des 720 — 723., 725. und 726. §. setzen es endlich außer allen Zweifel, daß aus dem weißen Lichte verschiedene Gattungen farbigen Lichtes entspringen können, die eine verschiedene Brechbarkeit besitzen; und der Versuch im 721. §. beweiset nun noch insbesondere, daß die verschiedenen einzelnen Gattungen des farbigen Lichts die ihm zukommende Brechbarkeit eigenthümlich haben, und daß ihre Farbe unveränderlich und von ihnen unzertrennlich ist. Die Entdeckungen dieser Thatsachen durch die angeführten analytischen Untersuchungen bestätigte Newton durch synthetische Versuche, dergleichen der 724 §. enthält, und verschaffte so seiner unsterblichen Theorie denjenigen Grad von Evidenz, der bey Gegenständen der Erfahrung nur zu erreichen möglich ist.

Newton's oben (§. 717.) angeführtes Werk; ingl. desselben *Lectiones opticae*, in seinen *opusc. mathematic. philosoph. et philolog.* T. II. *Lausannae et Genev.* 1746. 4. S. 73. ff.

„Newton's Ansicht zu Folge sind die farbigen Strahlen im weißen Lichte nicht sowohl chemisch gemischt, als vielmehr höchst innig mechanisch gemengt. Die erste Veranlassung zur Trennung bietet überhaupt der (ungleiche) Widerstand des durchsichtigen Mittels dar, welcher gegen die verschiedenen Farbenstrahlen verschieden wirkt, und bey der Farbenzerstreuung bis zur Sonderung der einzelnen Farbenlichter führt. Wo dieser Widerstand mangelt, erscheint daher auch keine Farbe. Namentlich ist dieses der Fall im Weltraume zwischen den Weltkörpern jenseits ihrer Atmosphären, wo der Widerstand der Raum erfüllenden Substanz = o gesetzt werden kann. Daher erscheinen, Newton's Ansicht gemäß, die Trabanten des Jupiter, wenn sie in den Schatten ihres Hauptplaneten treten, nicht farbig. (Zugleich deutet diese Farbenlosigkeit auf Mangel an atmosphärischer Flüssigkeit um den Körper jedes einzelnen Trabanten, analog dem Monde.) Kr."

§. 730. Ungeachtet also zwar eigentlich unzählige Gattungen des verschiedentlich brechbaren gefärbten Lichts in dem weißen Lichte enthalten sind, so können wir doch, weil wir sieben Gattungen daran unterscheiden, nehmlich Roth, Orangegelb, Hellgelb, Grün, Hellblau, Indigoblau und Violett, diese mit Recht als sieben verschiedene Gattungen des einfachen Lichts ansehen, wobey

wir aber in jeder Gattung allmählige Abstufungen von den am mehresten bis zu den am wenigsten brechbaren dieser Gattungen annehmen müssen.

§. 731. In sofern die einzelnen Strahlen dieser sieben Gattungen des Lichts durch wiederholte Brechungen oder Zurückstrahlungen (§. 721.) nicht in der Farbe geändert, und in Licht von andern Farben zerstreuet oder zertheilt werden, so müssen wir sie für einfach anerkennen. Solches Licht, dessen Farbe durchs Brechen nicht weiter veränderlich ist, heißt homogenes Licht; und solches, das durchs Brechen verschiedentlich gefärbte Strahlen zeigt, heterogenes Licht. Dieses heterogene Licht kann dem homogenen Lichte in der Farbe so ähnlich seyn, daß das Auge keinen Unterschied wahrnehmen kann; aber die damit veranstaltete Brechung durch ein Prisma zeigt die Zusammensetzung im erstern und die Einfachheit im letztern bald. Solche Täuschungen haben mehrere vergebliche Widersprüche gegen Newtons Theorie veranlaßt.

Nach Wünsch sind nur drey Gattungen des farbigen Lichts im Farbenbilde einfach, nehmlich Roth, Grün und Violett; doch so, daß es in jeder dieser drey Farben Strahlen von verschiedener Brechbarkeit giebt, hingegen das Orangegelb, Gelb, Hellblau und Indigoblau, zusammengesetzt: das Orangegelb aus dem lebhaftesten rothen und schwachen grünen Lichte; das Gelb aus dem lebhaftesten rothen und dem lebhaftesten grünen; das Hellblau aus dem gesättigten grünen und dem gesättigten violetten; und das Indigoblau aus dem schwachen grünen und dem gesättigten violetten Lichte.

Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, angestellt und beschrieben von Christ. Ernst Wünsch. Leipzig 1792. 8.

Man hat insbesondere gezweifelt, ob die grüne Farbe des Farbenbildes von homogenem Lichte herrühre, oder einfach sey, da man auch durch Vermischung des blauen und gelben Lichtes ein grünes Farbenbild erhalten könne. Es fallen z. B. (Fig. 114.) in ein finsteres Zimmer auf beyden über einander stehenden Prismen G und g zwey verschiedene Strahlencylinder des weißen Lichts S und I; und zwar sey bey dem einen Prisma G der brechende Winkel oben, bey dem andern g unten. In den aus dem Prisma G fahrenden abgesonderten farbigen Strahlen liegt aus leicht zu erachtenden Ursachen der rothe Strahl oben, der violette unten; im untern Prisma g ist es umgekehrt. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen dieser beyden Prismen durch die beyden sehr kleinen Oeffnungen C und D in dem vertikalen Brete AB, das in hinlänglicher Entfernung von den Prismen gestellt wird, ge-

hen, und den ihrer Vereinigung, auf die bewegliche Wand EE in F auffallen. Durch sanfte Umdrehung der Prismen um ihre Achse kann man so nach und nach alle Arten des homogenen Lichts mit einander zusammenfallen lassen. Man wird wahrnehmen, daß aus dem gelben Lichte des einen, und dem blauen des andern Prisma ein grünes Farbenbild hervorgebracht wird. Allein wenn man dieses heterogene Grün mit einem andern Prisma betrachtet, so findet man es in seine Grundfarben wieder aufgelöset, welches bey dem homogenen Farbenbilde dieser Art nicht geschieht.

So behaupteten auch Mariotte und Bizetti, durch ähnliche Täuschungen verleitet, daß das homogene grüne Licht des Prisma durch wiederholtes Brechen geändert werde. Es sind nehmlich bey der Anstellung dieser Versuche genaue Vorsichtsregeln nöthig, deren Vernachlässigung leicht eine Quelle zu Fehlschlüssen und Irrthümern werden kann. (Man vergl. die Anm. zu §. 724.)

„Zieht man das grüne Weichharz der Pflanzenblätter mit Weingeist aus, so zeigt sich das Grün dieses geistigen Auszug als prismatisch unzersetzbar. Kr."

„Tobias Mayer betrachtet Roth, Gelb und Blau als Grundfarben; die übrigen als durch Mischung zweyer Gränz- und Deckfarbenlichter entstanden, und erklärt die prismatische Unzersetzbarkeit z. B. des Orange durch die Annahme, daß die Mischungskraft der Bestandtheile des prismatischen Orange stärker sey, als das Zersetzungsvermögen des Prisma. Noller nahm Orange, Grün und Indigoblau für Hauptfarben. Kr."

§. 732. Die Ursache der Verschiedenheit der Brechbarkeit der unterschiedenen Gattungen des einfachen Lichts liegt nun wohl ohne Zweifel in der ungleichen Anziehung des brechenden Körpers gegen diese Gattungen des einfachen Lichts, und läßt sich aus dem, was oben (§. 698. Anm.) von der Ursach der Brechbarkeit überhaupt angeführt ist, erklären. Die Ursach aber, warum diese oder jene Gattung des Lichts im Auge diejenige Empfindung bewirkt, mit der die Vorstellung dieser oder jener Lichtfarbe verknüpft ist, macht keinen Gegenstand unserer Erfahrungskenntniß aus, und also läßt sich auch davon weiter nichts sagen.

Musschenbroek a. a. §. 1815.

„Vergl. die Anmerk. zu §. 729. Kr."

§. 733. Die Fähigkeit eines brechenden Mittels, die verschiedenen Gattungen des farbigen Lichts bey der Brechung von einander abzusondern, steht übrigens nicht im Verhältnisse mit seiner Brechkraft. So kann also die far-

hen zerstreuende Kraft eines Mittels geringer seyn, obgleich die Brechkraft desselben größer ist, als in einem andern; und so kann auch die Verkürzung des Brechungssinus, z. B. bey rothen Strahlen zu der Verkürzung desselben bey violetten Strahlen, in verschiedenen brechenden Mitteln in verschiedenem Verhältnisse stehen.

Auf diesen Satz, den Newton noch nicht kannte, gründet sich die Möglichkeit der achromatischen Fernröhre.

„Theodor v. Grotthuß benutzt die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstrahlen, um die Entfernungen leuchtender Gegenstände zu beurtheilen, welche dieselben haben müssen, um dem Beobachter eine gleiche Menge Licht zuzusenden; Gehlen's N. Journ. für Chemie, Physik und Min. VIII. S. 269. Kr."

„Das durch gefärbte durchsichtige Mittel bewegte Licht, erscheint um so mehr gefärbt, je länger es in dem Mittel weilte, d. h. je größer der Weg war, den es innerhalb desselben zurücklegte. Hieraus erklärt sich, warum z. B. Halley seine ins Meer gehaltene Hand oben röthlich roth und unten grün erblickte. Kr."

§. 734. Wir können nun aus dem bisher Vorgetragenen Anwendungen zur Erklärung der Farben (Colores) machen, welche die Körper zeigen. Wenn das Sonnenlicht nur aus einerley Gattung des homogenen Lichts bestände, so würde nur einerley Farbe in der Welt seyn. Die Verschiedenheit der Farben, welche die leuchtenden oder erleuchteten Körper zeigen, rührt folglich daher, daß sie Strahlen einer oder mehrerer Gattungen ausströmen oder zurückwerfen, die in unsern Augen besondere Empfindungen hervorbringen, mit welchen die Vorstellung der verschiedenen Farben verknüpft ist.

§. 735. Die weiße Farbe entsteht also, wenn ein Körper die weißen Lichtstrahlen unzersetzt, oder auch Licht von allen Gattungen in gehörigem Verhältnisse, in unser Auge schickt; und sie ist also eine Vermischung aller Grundfarben im gehörigen Verhältnisse. Ein Körper erscheint roth, orange, grün u. s. w., wenn er nur rothes, orangefarbenes, grünes Licht auf unser Auge sendet, welches aber eben sowohl einfach, als auf mancherley Art aus den einfachen Grundfarben gemischt seyn kann. (§. 731.)

Schwarz ist die Abwesenheit alles Lichts und aller Farben; und das absolute Schwarz entsteht, wenn ein Körper gar kein Licht in unser Auge sendet.

„Versuch. Eine Scheibe, die nach dem oben (§. 718.) angeführten Verhältnisse der Größe der einfachen Farbenbilder des Prisma in sieben Sectoren getheilt ist, die mit den in der Farbe correspondirenden Pigmenten bemahlt worden sind, würde ganz weiß erscheinen, wenn es möglich wäre, unter den Pigmenten, womit sie bemahlt wird, solche zu finden, welche bloß einfaches Farbenlicht zurückwerfen. Es ist aber zweifelhaft, ob das Licht irgend eines noch so schönen Pigments einfach sey. Wird daher eine solche Scheibe auch noch so sorgfältig gemacht, so gelingt doch der Versuch nur unvollständig, weil man in der That ein ganz anderes Verhältniß der Farben auf der Scheibe hat, als man zu haben scheint. Indessen ist selbst bey einer mangelhaften Illuminirung doch eine Annäherung zum Weiß nicht zu verkennen; nur neigt sich dasselbe immer gegen die Farbe, von welcher zu viel auf der Scheibe ist. Will man beurtheilen, ob die Farbe eines Pigments einfach oder zusammengesetzt sey, so illuminire man damit einen sehr schmalen Papierstreifen, der auf der einen Seite in eine sehr feine Spitze ausläuft, und mache die Farbe möglichst gesättigt. Dann lege man den Streifen auf einen schwarzen, nicht glänzenden Grund, und betrachte ihn durch ein Prisma. Ist die Farbe einfach, so muß sie durch das Prisma ungeändert erscheinen: allein bis jetzt ist mir noch kein Pigment vorgekommen, dessen Licht bey diesem Versuche nicht mehr oder minder in ungleichartige Farben zerlegt würde. F."

„Vergl. auch Lüdicke's Vers. in Gilbert's Ann. V. S. 272. Kr."

§. 736. Körper von allerley Farben, durch gefärbte durchsichtige Gläser allerley Art betrachtet, erscheinen dem Auge nur in derjenigen Farbe, welche das Licht hat, das das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Die Fehlschlüsse, zu welchen sich gegen diesen Satz Monge durch optische Täuschungen verleiten ließ, hat Le Gentil gut gezeigt.

Monge über einige Phänomene des Sehens, in Grens Journ. der Physik, B. II. S. 142. Ueber die Farbe, welche roth und gelb gefärbte Gegenstände zeigen, wenn man sie durch rothe und gelbe Gläser betrachtet, von Le Gentil, in Gren's Journal der Physik, B. VI. S. 165.

„Vergl. oben § 728. Anm. Das durchgehende Licht enthält indeß stets noch mehr oder weniger weißes, durchs Prisma in die Hauptfarben brechbares Licht. Auf gleiche Weise, wie das von farbigen undurchsichtigen Körpern reflectirte Licht, neben dem der Farbe entsprechenden Farbenlichte, auch weißes, prismatisch zerlegbares Licht [illegible] um so mehr, je weniger tief das Licht in die Masse

des Spiegels von der Reflexion gedrungen wäre. Vergl. meine Experimentalphysik Cap. X. C.; Parrot's theoret. Phys. B. II. § 876 ff. und Prevost in den Ann. de chim. 1817. Fevrier S. 192. Kr.

§. 737. Erleuchtete Körper, durchs Prisma betrachtet, zeigen an ihren Rändern, wo Helligkeit und Dunkelheit, Licht und Schatten, mehrere oder schwächere Erleuchtung, an einander gränzen, farbige Säume. Von Göthe hat die mannigfaltigen Abwechselungen der Phänomene, die hierbey Statt finden, gesammelt und beschrieben; hier genügt es, nur einige der hauptsächlichsten Erscheinungen dieser Art anzuführen, da sich die übrigen alle darauf beziehen.

1) Weiße, einfarbige, und schwarze Flächen, wenn sie durchaus gleichförmig und einfarbig sind, zeigen durchs Prisma keine Farben: aber diese zeigen sich an allen Rändern.

2) Ein weißer Streifen auf schwarzem Grunde erscheint, wenn der brechende Winkel des Prisma nach unten zu gekehrt, und der Streifen der Länge nach vor dem Auge ist, oben mit einem rothen und gelben, und unten mit einem hellblauen und violetten Saume; die beyden letztern strahlen ins Schwarz hinein.

3) Wenn der weiße Streifen nicht zu breit ist, und der Queere nach vor dem Prisma, oder parallel mit der Achse desselben steht, so erscheint er mit einem rothen, gelben, hellblauen und violetten Streifen ganz bedeckt; und wenn er weit genug vom Prisma entfernt ist, so ist auch noch ein grüner Streifen in der Mitte zwischen dem gelben und hellblauen, oder der gelbe Streifen wird ganz zu einem grünen.

4) Wenn ein schwarzer Streifen auf einem weißen Grunde durch ein Prisma so betrachtet wird, daß der brechende Winkel des Prisma nach unten zu gerichtet ist, so zeigen sich die vorigen Erscheinungen umgekehrt.

Es ist nehmlich der schwarze Streifen oben mit ei[n]
hellblauen und violetten, und unten mit einem gel[ben]
und rothen Saume umgeben. Die letzteren stra[hlen]
in die weiße Gränze hinein.

5) Wird dieser schwarze Streifen auf weißem Gru[nde]
parallel mit der Achse des Prisma gelegt, so ersch[eint]
er, durchs Prisma betrachtet, mit farbigen Stre[ifen]
ganz bedeckt, nehmlich mit einem hellblauen, violet[ten,]
rothen und gelben. Ist er hinlänglich weit vom P[ris-]
ma entfernt, so wird die hochrothe Farbe pfirsichbl[üth-]
roth.

6) Wenn der brechende Winkel des Prisma, d[urch]
den man sieht, nach oben zu gerichtet ist, so [wer-]
den sich alle vorgenannte Phänomene (1—5) umgek[ehrt]
zeigen, so daß z. B. im erstern Falle der weiße St[rei-]
fen auf schwarzem Grunde oben mit einem viole[tten]
und hellblauen, und unten mit einem gelben und [ro-]
then Saume umgeben ist, u. s. w.

Die Erklärung dieser und ähnlicher Phänom[ene]
folgt aus den bisherigen Sätzen der Newtonschen T[heo-]
rie des Lichts und der Farben leicht, wie ich ander[s]
gezeigt habe.

J. W. von Göthe Beyträge zur Optik. Weimar. kl. 8. Erstes [Stück]
1791. Zweytes Stück. 1792.

In Ansehung der umständlichen Erklärung dieser Phänomene,
an sich leicht ist, wobey man aber viel Worte machen muß, [wenn]
man sie Anfängern deutlich genug vortragen will, verweise ich a[uf ei-]
nen Aufsatz von mir: Einige Bemerkungen über Herrn von Göt[hes]
Beyträge zur Optik; im Journal der Physik, B. VII. S. 3 ff.

„Vergl. Zur Farbenlehre, von v. Göthe. B. I—II. Tübi[ngen]
1810. 8. — v. G. erwartete Newton's Theorie zu Folge die g[anze]
weiße Wand in verschiedenen Stufen gefärbt zu sehen, als er
selbe durchs Prisma betrachtete, sah aber nur (wie jeder, der [diese]
und ähnliche Versuche anstellt) dort Farbe, wo Dunkles an W[eißes]
gränzte; glaubte daraus folgern zu müssen, daß eine Gränze [noth-]
wendig sey, wenn Farben entstehen sollen, oder daß Farbe nur
werde, wo Helles vom Trüben, oder umgekehrt Trübes vom [Hel-]
len bedeckt werde. Hiernach wirkt das Finstere (reinste Trüb[e)]
gut positiv, als das Lichte (ungeschwächtes farbloses Weißli[cht)]
und folgende zwey sogen. Grundphänomene enthalten die Bedin[gun-]

geb der Entstehung aller prismatischen Farbe — Eine weiße Scheibe auf schwarzem Grunde erscheint, wenn man sie durch ein Converglas betrachtet, vergrößert, und mit einem blauen Rande eben dieselbe durch ein Hohlglas gesehen, zeigt sich verkleinert und mit einem gelben, und gelbrothen Rande. — Da, wo also bey der Verrückung eines durch brechende Mittel gesehenen Bildes die helle Gränze über das Dunkele scheinbar hingeführt wird, erscheint der blaue Rand, wo aber die „dunkele" Gränze über das „Helle" tritt, zeigt sich der „gelbe" und „gelbrothe" Rand (und ungeschwächtes Weißlicht durch ein nur wenig „trübes" Mittel gesehn, erscheint gelb, bey zunehmender Trübe des Mittels ins Gelbrothe und Rubinrothe übergehend, Finsterniß hingegen durch ein trübes, aber von darauf fallendem Weißlichte „erleuchtetes" Mittel gesehen, erscheint blau, bey wachsender Trübe des Mittels in Weißblau übergehend, und um so gesättigter erscheinend, je durchsichtiger das Trübe werden kann; so daß es beym mindesten Grade reinster Trübe als schönstes Violett sich zeigt.) Dagegen bemerkt aber Mollweide (Hallische Allg. Liter. Zeit. no. 1811. S. 236): Man spalte ein Converglas (am besten ein Glas aus einer Staarbrille von etwa 2½ Paris. Zoll Brennweite), in einer Entfernung, welche der doppelten Brennweite desselben gleich ist (4½ Zoll) von der weißen Scheibe, und bleibe mit dem durch die Linse schauenden Auge in einer Ferne hinter derselben, welche deren doppelte Brennweite um etwas übertrifft (5 bis 6 Zoll), so erscheint der Rand, durch das Glas gesehen, vergrößert und mit gelbem oder gelbrothem Saume, ohngeachtet hier auch — weil die Scheibe vergrößert gesehen wird — die helle Gränze über die dunkele scheinbar hinüber bewegt wird, während der Götheschen Ansicht gemäß, ein blauer oder blaurother Saum gesehen werden sollte. Vergl. auch Prüfung der Farbenlehre d. H. v. Göthe von Mollweide. Halle 1810. 8. Ch. H. Pfaff über Newton's Farbentheorie und H. v. Göthe's Farbenlehre ꝛc. Leipzig 1813. 8. Kr.

§. 738. Sonst beweisen diese Erfahrungen [illegible] farbigen Rändern, mit denen die Körper umgeben erscheinen, wenn man sie durchs Prisma betrachtet, daß nicht nur das Licht leuchtender Körper, sondern auch das, durch welches uns die erleuchteten sichtbar sind, aus verschiedenen Arten des homogenen Lichts zusammengesetzt ist, und daß auch diejenigen Körper, die dem bloßen Auge von einer bestimmten Farbe erscheinen, doch noch außer dem Lichte von dieser bestimmten Farbe mehr oder weniger weißes Licht zugleich ausströmen.

§. 739. Die unzählige Verschiedenheit der Farben, die wir an den mannigfaltigen Körpern der Natur wahrnehmen, rührt daher, daß dieselbe nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, sondern mehrere Arten, die in unzählige Ver-

Verhältnissen mit einander verbunden seyn können, in das Auge schicken. So entstehen alsdann die vermischten oder zusammengesetzten Farben; und vielleicht ist kein Körper in der Natur, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückstrahlte.

§. 740. Um zu erklären, wie es zugehe, daß ein Körper eine gewisse Farbe zeigt, müssen wir freylich annehmen, daß die verschiedentlichen Materien in der Natur eine Kraft haben, gewisse Gattungen des homogenen Lichts mehr zu binden, zu figiren, und ihre Expansivkraft unthätig zu machen, als andere Gattungen, wodurch dann diese letztern nur allein wieder zurückzustrahlen vermögend sind, und durch die mannigfaltigen Verhältnisse, in denen sie vermischt seyn können, die Mannigfaltigkeit der Farben und ihre Nüancen hervorbringen. So würde also z. B. ein Körper grün aussehen, wenn er entweder nur das grüne Licht, das im weißen enthalten ist, zurückstrahlte, alle andere Gattungen aber, woraus das letztere besteht, einsaugte und figirte; oder auch, wenn er gelbes und violettes Licht zugleich reflectirte, die übrigen Gattungen des homogenen Lichts hingegen bände. Schwarz wäre der Körper, der alle Gattungen des Lichts einsaugte; weiß, der alle Gattungen im weißen Lichte reflectirte. Ich werde auf diesen Gegenstand nachher wieder zurückkommen.

§. 741. Wenn ein Körper durch die Theilchen auf seiner Oberfläche das von ihm zurückstrahlende heterogene Licht zu gleicher Zeit auch bricht, so erscheint er in verschiedenen Stellungen gegen das Auge von verschiedenen Farben.

Hierher gehören der Schillertaffent, die schillernden Papillons, die Federn am Halse der Tauben, die Pfauen- und Papageyenfedern. Alle Körper zeigen überhaupt, wenn man ihre Fläche im Sonnenscheine genau betrachtet, bunte Farben, selbst die polirten Metalle nicht ausgenommen.

§. 742. Wenn ein durchsichtiger Körper andere Strahlen reflectirt, als er durchläßt, so erscheint er auch beym reflectirten Lichte anders, als beym gebrochenen.

Die frische Tinctur des Grießholzes (Tinctura ligni nephritici) sieht hinter dem Lichte blaugelb, vor dem Lichte rothgelb aus. — Die Luft der Atmosphäre läßt zwar das mehreste weiße Licht hindurch, reflectirt aber doch zugleich blaues Licht, und sieht eben deswegen in diesem reflectirten Lichte blau aus.

§. 743. Wenn mit der Veränderung der Mischung eines Körpers auch die Anziehung seiner Theilchen gegen gewisse Gattungen des Lichts geändert wird, so muß auch wohl seine Farbe geändert werden.

Hierauf gründen sich unzählige Farbenveränderungen, welche die Chemie hervorbringen kann. Z. B.

Die klare und ungefärbte Auflösung des Eisenvitriols im Wasser wird durch wenig Galläpfeltinctur violett, durch mehrere davon schwarz. Die Farbe verschwindet durch zugesetzte Säure.

Eben diese Auflösung wird durch Blutlauge schön blau.

Die Auflösung des Kupfervitriols im Wasser wird durch Ammonium sogleich schön blau.

Blaue Lackmustinctur wird durch Säure sogleich rubinroth, durch Laugensalze wieder blau. Violensyrup durch die erstere carmoisin, durch letztere grün.

Rothe Alkannatinctur wird durch Alkalien blau.

Die klare und ungefärbte Auflösung der Goldsolution in Wasser wird durch ungefärbte Zinnsolution schön purpur.

Die ungefärbte Auflösung des ätzenden Quecksilbersublimats wird durch Kalkwasser orangefarben.

Rauchende Salpetersäure von einer dunkelgelben Farbe wird durch Wasser erst grün, dann blau, dann ungefärbt.

Rothe Fernambuktinktur wird durch Laugensalze sogleich violett, durch Säure hochroth.

Gelbe Curcumatinctur wird durch Laugensalze sogleich braun.

Ferner gehören hierher die verschiedenen sympathetischen Tinten.

§. 744. Ein sehr merkwürdiges Phänomen sind die gefärbten Schatten. Wenn man des Morgens beym Anbruche des Tages in einem Zimmer durch irgend einen Körper, z. B. den Finger, den Schatten einer brennenden Kerze auf ein weißes Papier so fallen läßt, daß zu gleicher Zeit auch von demselben ein Schatten von dem Tageslichte auf das Papier geworfen wird, so wird man den erstern Schatten, welcher dem Kerzenlichte zugehört und vom Tageslichte erleuchtet wird, bey genauerer Aufmerksamkeit darauf hellblau finden, während der Schatten des Tages

ſchts, der vom Kerzenlichte Erleuchtung erhält, ein gelbliches Ansehn hat. In einem finstern Zimmer, in welches das Licht des Tages durch eine Oeffnung tritt, läßt sich die Erscheinung noch lebhafter machen. Es zeigen sich ferner Abänderungen des blauen Schattens, wenn man den gelben durch gelbgefärbte Gläser heller oder dunkler macht, oder ihm verschiedene Nüancirungen giebt. Im finstern Zimmer sind die Schatten, die von einem und demselbigen Körper auf eine weiße Fläche durch zwey Lichtflammen geworfen werden, ungefärbt; wenn man aber den einen dadurch gelb färbt, daß man das auf ihn fallende Licht durch ein dunkelgelb gefärbtes Glas gehen läßt, so wird der andere blau. Man kann so mannigfaltige Abänderungen der Farbe in dem einen Schatten hervorbringen, während man bloß den andern durch gefärbte Gläser sich anders färben läßt; und man erhält diese Abänderungen auch ohne Gläser im finstern Zimmer, in welches Tageslicht fällt, durch das Kerzenlicht, wenn vorüberziehende Wolken Abwechselungen des Tageslichts zuwegebringen. Entsteht hierbey die Farbe des einen Schattens, nehmlich des blauen, nicht bloß durch Contrast? Wenigstens kann man wohl daraus schließen, daß den Augen in Hinsicht auf Gegenwart oder Abwesenheit von Farben nicht immer zu glauben ist.

Nachricht von einigen Versuchen über die gefärbten Schatten, vom Grafen von Rumford; in Grens neuem Journ. der Physik, B. II. S. 467 ff.

„Läßt man (nach *Pietro Petrini's* Beob. Mem. di math. e di fisica della Soc. ital. XIII. S. 1 u.) das reflectirte Licht von rothem Papiere auf einen auf weißem Grunde liegenden Würfel fallen so erscheint dessen Schatten grün. Diese und ähnliche Farben gehören wohl größtentheils zu den subjectiven? Kr."

„Der Anblick der Sonne, des beleuchteten Schnee's, des im Sauerstoffgase brennenden Phosphors ꝛc., desgleichen jener stark erleuchteter Farben, besonders des vielen lebenden Wesen nachtheiligen rothen Lichtes, heftiger Druck und Nervenreitz ꝛc. erzeugen im Auge den Eindruck von Farben, die außer demselben nicht wirklich sind, sondern die in der Regel nur als Ergänzungsfarben anderer außer dem Auge vorhandener (d. h. als solche, welche mit jenen andern wirklichen vereint, Weißlicht erzeugen könnten) gebildet werden. Hierher gehören wahrscheinlich die gefärbten Schatten, Darwin's Phänomene (wo nach starkem Sonnenlichtreitz alle Gegenstände entweder roth, oder

blau erscheinen, so daß die eine dieser Farbe der andern nachfolgt) und die meisten Fälle wo Ergänzungsfarben erscheinen; es sind die subjectiven Farben sowohl physiologisch (denn man kann sie in einem Auge erzeugen, wenn man das andere während des Lichtreitzes verschließt), als auch zum Theil psychisch, und aus der Andauer der Empfindung nach beendeter Einwirkung ableitbar: vergl. *I. G. S. Van Breda* in Gilbert's Ann. LIV. S. 322. — Wenn ich nach anhaltendem Lesen oder Schreiben plötzlich das Buch etc. weglege, so sehe ich oft noch eine kurze Zeit hindurch das Bild der Schrift, besonders der Landcharten, mathematischer Formeln etc. auf neben liegendem weißen Papiere und selbst in der Luft schweben, so daß ich einzelne Worte, Zeichen etc. ganz deutlich erkenne. — Das durch Druck etc. erzeugte Innenlicht scheint elektrisch zu seyn; seit meiner Kindheit vermag ich dieses Leuchten willkührlich zu erzeugen, z. B. schon dadurch, daß ich im Finstern Speichel auswerfe, mich räuspere etc. Beym Niesen ist es vorzüglich stark. Es setzt mich in den Stand, sehr kleine Gegenstände im Dunkeln deutlich zu sehen, wenn sie dem Auge nahe genug sind. Im Frühherbst 1811 las ich mittelst dieses elektrischen Lichtes, kurz vor der Einkehr nach beendeter botanischer Excursion bey völliger Finsterniß einigen zwanzig meiner Zuhörer einige Stellen aus Hoffmann's Flora vor. Nach körperlicher Anstrengung ist dies Leuchten bey mir am stärksten. Kr.

§. 745. Die Durchsichtigkeit eines Körpers hängt nicht allein davon ab, daß er Licht in der gehörigen Menge, sondern daß er es auch merklich in gerader Linie durchläßt. So können zwey sehr durchsichtige Substanzen, die beyde das Licht sehr verschieden brechen, undurchsichtig werden, wenn man sie mit einander vermengt.

Waßer in Schaum verwandelt, wird undurchsichtig.

Geschmolzenes Wachs und geschmolzener Talg werden undurchsichtig.

Viele Glastafeln, über einander gelegt, sind wenig durchsichtig, werden aber durch dazwischengegossenes Waßer durchsichtiger.

Klares Glas wird durchs Zerstoßen zu einem Pulver undurchsichtig.

Papier, mit Oel getränkt, wird durchsichtiger.

Undurchsichtige Metalloxyde und Erden werden durchs Schmelzen undurchsichtiger.

Der Hydrophan und Pyrophan.

§. 746. Weil nun hierbey heterogenes Licht von einander durch Brechung abgesondert, und einige Arten des gebrochenen Lichtes eher reflectirt werden können, als andere, so können dadurch auch Farbenerscheinungen entstehen, wie z. B. wenn man zwey biconvexe Glaslinsen von langen Brennweiten auf einander legt. Wenn aber bey den Bre-

chungen in verschiedenen Mitteln das Licht bey dem Austritte eben dieselbe Richtung wieder bekommt, die es bey dem Eintritte in das brechende Mittel hatte, so wird es nicht in farbige Strahlen zertheilt.

Muschenbroek a. a. O. §. 1831 ff.

Beugung des Lichts.

§. 747. Außer der Reflexion, Refraction und verschiedenen Brechbarkeit des Lichts, hat man noch eine andere Eigenschaft desselben wahrgenommen, die man die **Beugung** (Inflexio, Distractio lucis) nennt. Grimaldi hat zuerst davon geredet, Newton aber hat das Phänomen näher bestimmt, doch aber auch die Untersuchung darüber nicht vollendet. Als er einem dünnen Sonnenstrahle, der im finstern Zimmer durch die Oeffnung ging, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{42}$ eines Zolles betrug, einen dünnen opaken Körper, z. B. ein Haar oder einen feinen Drath, entgegenhielt, so fand er den auf ein weißes Papier davon geworfenen Schatten breiter, als er beym geraden Fortgange des Lichts hätte seyn können, und zu gleicher Zeit an jeder Seite des Schattens drey gefärbte parallele Säume, wovon der, welcher den Schatten zunächst begränzte, breiter war, als der zweyte, und von diesem wieder durch einen Schatten getrennt wurde. Bey der gehörigen Entfernung des Papiers war der zweyte Saum von einem dritten durch einen dazwischen liegenden Schatten zu unterscheiden; bey großer Nähe des Papiers flossen die beyden äußersten Säume auf jeder Seite in einander. Noch deutlicher wurden diese Säume, wenn er den Lichtstrahl zwischen zwey, nur $\frac{1}{400}$ eines Zolles von einander abstehenden, Messerschneiden durchgehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen sollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt und in zwey Theile getheilt, und ließ zwischen sich einen Schatten, der desto breiter war, je näher er die Schneiden zusammenrückte. Er bemerkte dabey auch auf jeder Seite

des Schattens in der Mitte drey farbige Säume, die wieder durch Zwischenschatten von einander getrennt waren. Der Rand des erstern Saums an der Gränze des Schattens war violett, dann bemerkte man eine hellblaue, eine grüne eine gelbe und eine rothe Farbe, die diesen ersten Saum auf der andern Seite begränzte. Am zweyten, von dem erstern durch einen schmalen und dünnen Schatten getrennten Saume war der innere Rand blau, die Mitte gelb, der äußere Rand roth; und so war es auch im dritten schmälsten Saume. — „Das Phänomen ist noch deutlicher, wenn der Strahl zwischen zwey einander sehr nahe gestellten scharfen Rändern fester Körper durchgeht, und läßt man unter diesen Bedingungen statt des weißen Strahls einen einfachen farbigen durchgehen, so sieht man abwechselnde, lichte und schattige Streifen. Aus Biot's und Pouillet's Versuchen scheint sich zu ergeben, daß die zwischen den Rändern oder an dem einen Rande befindliche Luft (oder deren Vertreter) es ist, welche gemäß ihrem Gezogenseyn von den Rändern der festen Körper, und in Folge ihrer Dichte und ihres chemischen Werths, diese mit Farbenzerstreuung verbundene besondere Brechung des Lichtes bedingt; jedoch zeigen sich ähnliche Phänomene auch in der Guerickeschen Leere."

Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis, auct. P. Franc. Mar. Grimaldo. Bonon. 1665. 4. Newton Optice, L. III. S. 273 ff. *Muschenbroek* a. a. O. §. 1826 — 1829.

„*Biot*, in den Annal. de chim. et de phys. 1816 und 1817 und dessen Traité de physique etc. III. S. 967.

§. 748. „Hieher dürften, dem größern Theile ihrer Entstehungsbedingungen zu Folge, auch gehören: die merkwürdigen Farben, welche durch sehr dünne Körperlagen erzeugt werden, wenn dieselben an beiden, oder an einer Seite von andern durchsichtigen Materien umgeben und von [illegible] Lichte (besonders dem weißen Wolken) getroffen werden. Wir zählen hierzu das sogenannte Irisiren der feine Risse enthaltenden Krystalle, die Farben aller [illegible], der Seifenblasen, der über

Wasser ausgebreiteten Tropfen von Oel, oder von frischer Ochsengalle, das Farbenspiel der Oberflächen der frischen Griesholz und Quassienholztinctur, der durch Schwefelwasserstoff gefüllten, sehr verdünnten Bleyauflösungen, des überfirnißten Glases, des Eyweiß- und Seifenschaumes, und vorzüglich jene Licht- und Farbenphänomene, welche Newton periodisch durch Annahme gewisser Dispositionen oder Neigungen der Lichtstrahlen — die er Anwandlungen oder Anfälle einer leichten Durchlassung und einer leichten Zurückwerfung (Vices facilioris reflexionis vel transmissionis) nannte — zu erklären versuchte. Kr."

„Vergl. Newton's Optik B. II. 1 Th. 4te Beob. Kr."

„Füllt man nach R. Boyle eine Glaskugel mit einem Aufgusse von Griesholz (Lign. nephriticum) und setzt sie darauf direct einfallendem, starkem Sonnenlichte aus, so erscheint der Aufguß so ungefärbt, wie reines Wasser; hängt man darauf die Kugel etwas in den Schatten, so daß sie weißes reflectirtes Licht erhält, so erblickt das Auge eine schöne grüne, bey noch stärkerem Schatten eine ins Rothe spielende, und im vollen Schatten wieder die grüne Flüssigkeit, so daß eine Vorrichtung der Art zum ohngefähren Maaßstabe für Ungeschwächtheit des Lichtes dienen kann: denn jede Reflexion scheint die wärmenden Kräfte des Lichts zu schwächen. In demselben Maaße scheint aber auch die Fähigkeit des Lichtes zuzunehmen, die Phänomene der sogenannten Farbenzerstreuung zu zeigen. Merkenswerth ist auch der Unterschied zwischen dem Wärmungsvermögen des mittelst einer Linse im Brennpunct gesammelten gewöhnlichen und des zuvor in Farben zerstreut gewesenen Brennlichts. Kr."

§. 749. Newton legte nehmlich ein biconvexes, zu einem Fernrohr von ohngefähr 50 Fuß gehörendes Objectivglas, auf die flache Seite eines anderen planconvexen, zu einem 14füßigen Telescop gehörenden Objectivglases und drückte ersteres gelinde auf letzteres. Sofort entstanden Farbenkreise, die an Größe und Anzahl zunahmen, wenn der Druck verstärkt wurde, und umgekehrt. Sehr stark gegen einander gedrückt, wurden ihre Breiten ungleich, und — wie auch beim gelinderen Drucke, erschien das Mittelräumchen (Mittelpunkt) schwarz, dem dann blaue, weiße, gelbe und rothe; violette, blaue, grüne, gelbe und rothe; purpurfarbne, blaue, grüne, gelbe und rothe; grü-

ne und rothe; grünlichblaue und blassrothe; und endlich grünlichblaue und röthlichweiße folgten. — „Den Grund dieses Phänomens scheinen theils die bey der Beugung vorkommenden Farbenzerstreuungen, theils die Schwächungen des Lichtes durch Reflexion, theils mit eintretende Polarisirung des Lichtes zu enthalten. Kr.“

„Zur Unterlage kann auch ein nichtgläserner reflectirender Körper dienen; auch zeigt sich die Erscheinung im luftverdünnten Raume und heftige Hitze bringt sie nicht zum Verschwinden, sondern nur zur Erweiterung der Farbenringe. Reflectirtes Licht läßt die Farben beträchtlich deutlicher und lebhafter erblicken; jedoch ist die Ordnung der Farbe gewöhnlich von jener des direct einfallenden Lichtes verschieden. Dem weißen Ringe des durchgelassenen Lichtes ist der schwarze des reflectirten, der rothe des ersteren dem blauen, der gelbe dem violetten, und der grüne endlich aus roth und grün gemischten des letzteren entgegengesetzt. Je schiefer man die Ringe sieht, um so größer erscheinen sie. Zwischen die Gläser gebrachtes Wasser mindert die Zahl und schwächt die Farbenstärke der Ringe. Schöne hieher gehörende Versuche stellte der Abbé Mazeas an (Mem. de l'academie de Prusse 1752.). Unter andern erhielt er beständige Farbenringe, wenn er zwey durchsichtige, gut polirte Glasplatten so lange in horizontaler Richtung übereinander rieb, bis sie vollkommen adhärirten. Auf den vor dem Reiben vollkommen getrockneten und erwärmten Glasplatten zeigten sich Farbenovale von mehr denn [illegible] Durchmesser (weiß, grün und rothe) und in der Mitte ein goldfarbenes kleines Oval, mit einem dunkeln, alle Farbenstrahlen, außer dem violetten absorbirenden Mittelfleck. Wurden diese sich über erst mit ihren Gegenflächen berührenden Platten erhitzt, so verschwanden die Farben, zeigten sich aber sogleich wieder, wenn die auseinander geschobenen Platten wieder auf einander gelegt wurden, ohne daß es einer zweyten Reibung bedurft hätte. Mehrere hieher gehörende Versuche findet man bey Biot a. a. O. IV. S. 77 u. f. Vergl. auch Herschel's Bemerkungen [illegible] erwähnte Hypothese und Rückführung dieser und ähnlicher Phänomene auf [illegible] Beugung des Lichts; Gilbert's Ann. XLVI. S. 221. Parrot's Erklärung dieser und ähnlicher [illegible] Strahlenbrechung innerhalb erwärmter Luftschichten zwischen den Gläsern in dessen theoret. Phys. II. S. 209 ff., und Brandes Gegenerinnerungen in Gilberts Ann. XLVII. S. 209. LI. S. 44. LIV. S. 5[illegible] und dagegen oben die Anmerk. zu §. 7[illegible] dies. Grundr. Kr.“

„Uebereinstimmend mit der Erzeugung obiger Farbenringe sind jene Farben, welche in dünnen Blättchen mittelst durchfallenden polarisirten Lichtes erzeugt werden; es befolgen nehmlich diese Farben dieselbe Ordnung, wenn man dabey auf das eigenthümliche Brechungsverhältniß und die Dicke der Blättchen die gehörige Rücksicht nimmt. Biot hat dieses durch Benutzung des von Cauchoix erfundenen Sphéromètre (einer feinen Micrometerschraube, welche auf einem Dreyfuß mit stählernen Spitzen ruht) zu beweisen gesucht, indem er nehmlich die Dicke der zu messenden ebenen Glastafel dadurch maaß,

dass er das Sphärometer dergestalt auf die Glasplatte setzte, dass diese von allen vier Spitzen vollkommen berührt wurde, und nun die Umdrehungen der Schraube zählte. Biot a. a. O. S. 343. Umgekehrt berechnete Biot die Dicke des durchsichtigen Blättchens einer Substanz von bekanntem Brechungsverhältniss aus der Farbe, welche es beym Durchgange des polarisirten Lichtes zeigt, indem diese Farbe nach Verhältniss der Dicke des Blättchen sich ändere; weiter unten und a. a. O. und Gilbert's Ann. XLVI. S. 14 u. ff. Kr."

§. 750. Erasmus Bartholinus machte bereits im Jahr 1669 (Experimenta crystalli Islandici, quibus mira et insolita refractio detegitur) auf die doppelte Strahlenbrechung des rhomboidalen Kalkspaths (Isländischen Doppelspaths) aufmerksam, Newton beobachtete dasselbe Phänomen, Huyghens entdeckte die Gesetze desselben, und Laplace führte diese auf die Gesetze der Mechanik zurück. Man fand nehmlich, daß alle durchsichtige Krystalle, die nicht den Cubus oder das Octaëder zur Grundform haben, einen durchfallenden Lichtstrahlenbündel dergestalt spalten, daß, während ein Theil auf gewöhnliche Weise gebrochen wird, der andere in Folge einer ungewöhnlichen Brechung fortgeht, welche abhängig ist von der Lage der Hauptachse des Krystalles. Kr."

„Hugenii opp. rel. T. I. tract. de lumine Cap. V. J. L. Silberschlag in den Schriften d. Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin St. VIII. S. 1—16. *Hauy* in Gren's N. Journ. d. Phys. II. S. 403. *Laplace* in Gilbert's Ann. XXXI. S. 416. *Kramp* in den Mém. de la Soc. des sc. agricult. et arts de Strasbourg. Partie des sciences. 1811. Mém. S. 1. Biot und Arago in Gehlen's Journal für Chemie und Phys. I. S. 128. II. S. 564. Brugnatelli a. a. O. IV. S. 290. *Biot* Traité de physique etc. III. S. 330 1c. Brewster in Schweigger's Journ. X. S. 245. Kr."

„Nach Brewster folgen sich die krystallinischen Materien hinsichtlich ihres Vermögens Strahlenbündel zu spalten, mit abnehmender Intensität in folgender Ordnung: Chromsaures Bley, kohlensaures Bley, Zirkon, Disthen, kohlensaures Strontian, Chrysolith, kohlensaurer Kalk, Topas, Weinsteinsäure, schwefelsaures Kupfer, schwefelsaurer Kalk, schwefelsaures Eisen. Kr."

„Zieht man durch die Scheitel der beyden entgegengesetzten stumpfen Winkel eines rhomboidalen Kalkspathkrystalls in Gedanken eine gerade Linie, so heißt diese Diagonale die Hauptachse des Krystalls. Bey der doppelten Brechung theilt sich jeder schief einfallende Strahl so, daß während der eine Strahlentheil gemäß der dem Kalkspathe zukommenden Brechung fortgeht, der andere ungewöhnlich gebro-

chene von der Hauptachse gegen den entgegengesetzten spitzen Winkel des Krystalls abgelenkt (d. i. vom stumpfwinkligen Eck nach dem spitzwinkligen geworfen) wird: daher dann von demselben Punkte zwey Bilder entstehen müssen. Die Beständigkeit dieser die doppelte Strahlenbrechung bedingenden Verhältnisse zeigt ein schwarzer Punkt auf weißem Grunde, wenn er durch einen Doppelspath gesehen wird; beyde Bilder haben nehmlich bey jeder gewählten Richtung denselben Abstand. Nur in dem einzigen Falle, wo Strahlen in der Richtung der Achse sich bewegen, entsteht kein doppeltes, sondern nur ein einfaches Bild. (Hiermit erhält man zugleich ein Verfahren, auf dem Wege des Versuchs die Hauptachse des Krystalls zu finden.) — Kr.

„Nach Biot wirkt bey der doppelten Brechung die Hauptachse entweder abstoßend oder anziehend auf Strahlentheilchen. Huyghen's und neueren Physikern (Wollaston, Malus, Laplace) zu Folge, wird die Bewegung des ungewöhnlich gebrochenen Lichtstrahls bey einer anziehend wirkenden Hauptachse beschleunigt, bey der abstoßend wirkenden verlangsamt. Folgende aus Biot's Traité etc. entlehnte Tafel möge zur Erläuterung der erwähnten Beobachtungen und des ausgesprochenen Gesetzes dienen:

Namen der Krystall Materien.	Verhältniß des gebrochenen Winkels zum Einfallswinkel = 1. ordentliche	außerordentl.	Wirkungsweise der Hauptachse.	Richtung dieser Achse.
Doppelspath	0,604487	0,574172	abstoßend	durch beyde stumpfwinklige Ecken.
Quarz	0,645815	0,641776	anziehend	parallel mit der Richtung der Spitzen
Schwerspath.	0,612550	[illegible]	eben so	in der kleinern Diagonale von der Fläche des Prisma.
Turmalin	. . . .	. . . .	abstoßend	wie Quarz.
Topas	. . . .	. . . .	anziehend	eben so.

„Vergl. Biot a. a. O. III. H. 550. Bey der anziehenden Achse nähert sich der ungewöhnlich gebrochene Strahl der Achse mehr, während er sich bey der abstoßenden von derselben mehr entfernt. — Zwey gleichdicke, und mit entgegengesetzter Richtung ihrer Achsen übereinander gelegte Doppelspathe, geben nur ein Bild, aber von doppelter Intensität. — Ein bis zur hinteren Fläche des Krystalls eindringender Strahlenbündel, wird auch doppelt reflectirt. Vervielfachung der Bilder durch doppelte Brechung und doppelte Rückstrahlung. Kr.

§. 754. „Newton fand schon, daß Strahlen, die in einem Doppelspathe in zwey Bündel gespalten, und dar-

auf mit einem zweiten Doppelspathe aufgefangen wurden, hier bey gewissen Lagen desselben, nicht aufs Neue gespalten, sondern nur einfach gebrochen werden. Legt man zu dem Ende einen zweyten Doppelspath dergestalt über den ersten, daß beider Hauptschnitte (d. i. in der Ebene der Achse geführte oder gedachte Schnitte) parallel liegen, so leiden die durch den ersten Krystall gespaltenen Strahlen im zweyten keine neue Spaltung; der in ersten auf gewöhnliche Weise gebrochene Strahl wird es auch im zweyten, und eben so verhält es sich auch mit den ungewöhnlich gebrochenen; werden hingegen beyde Krystalle so über einander gelegt, daß die Hauptschnitte sich rechtwinklich schneiden; so erscheinen zwar auch nur zwey Bilder, aber mit dem Unterschiede, daß der gewöhnlich gebrochene im ersten Krystall nun zum ungewöhnlich gebrochenen im zweyten Krystalle und umgekehrt der ungewöhnlich gebrochene des ersten Krystalls zum gewöhnlich gebrochenen des zweyten übergeht. Alle übrige Lagen, bey welcher die Hauptschnitte weder parallel noch senkrecht schneidend laufen, theilen jeden der zwey Spaltungsstrahlen des ersten Krystalls wiederum in zwey andere, so daß vier Bilder: zwey von ungewöhnlich und zwey von gewöhnlich gebrochenen Strahlen erzeugt werden. Kr."

§. 752. „Da nun unter der im vorigen §. angegebenen Bedingung einmal gespaltene Strahlenbündel, keiner neuen Spaltung durch einen zweyten Krystall fähig sind, so weichen sie wesentlich vom Gesetze der gewöhnlichen ungespaltenen Strahlen ab, und haben diese Abweichung offenbar durch die ihnen im ersten Krystalle gewordene Spaltungsstrahlung oder Polarisation erlangt, und auch bey der auf der hintern Fläche erfahrenen Reflexion beybehalten (v. §. 750. letzte Anm.). Kr".

§. 753. „Wenn ein Strahl von einem durchsichtigen Körper theils rückgeworfen wird, theils hindurchgeht, und auf einen zweyten durchsichtigen Körper unter demselben Winkel

wie auf den ersten auffällt, so sind für den zweyten Körper zwey einander entgegengesetzte Lagen möglich, in welchen sämmtliches auffallendes Licht rückgeworfen wird, und zwey andere auch einander entgegengesetzte, von ersterer um einen Winkel von 90° abweichende, in welchen alles einfallende Licht hindurchgeht. Das Licht erleidet mithin nicht nur durch Brechung, sondern auch durch Rückstrahlung, jene durch Polarisiren bezeichnete Veränderung, wodurch es auf denselben Krystall, bey einer gewissen Lage desselben, eine verschiedene Wirkung äußert, die bey der Brechung von der Lage der Krystallachse, bey der Rückstrahlung von der Beschaffenheit des spiegelnden Körpers, und von dem Einfallswinkel abhängt, wie Malus — der Bestätiger der obigen Newtonschen Beobachtung, der Entdecker der Strahlenspaltung durch Rückstrahlung, und derjenige, welcher die hieher gehörigen Erscheinungen, durch den Ausdruck Polarisation bezeichnete — zuerst gezeigt hat; Gilbert's Annal. B. XXXII S. 463. Kr.

§. 754. „Läßt man einen Strahlenbündel auf Wasser unter einem Winkel von 52° 45′, oder auf unbelegtes Spiegelglas unter einem Winkel von 54° 35′ einfallen, so wird er polarisirt, verliert an Intensität, (und erleidet Aenderung seiner Farbe). Kr.

„Stellt man ein zweytes Spiegelglas mit dem ersten parallel, so wird der von diesem zum zweyten Male zurückgeworfene Lichtstrahl sich wieder dem einfallenden Strahle parallel bewegen. Man drehe hierauf das zweyte Glas um eine senkrechte Achse (dergestalt, daß dessen Neigung gegen den senkrecht auffallenden Strahl keine Aenderung erleidet), um einen Winkel von 90°, und es wird gar kein Licht zurückwerfen, gleichsam, als ob die Rückwerfung des senkrechten Lichtstrahls nicht vom Neigungswinkel, sondern vielmehr von den Seiten des Lichts abhienge, welche in die Einfallsebene des zweyten Spiegels fallen. (Die einfachen denkt sich Malus als viereckig, und die einzelnen Lichttheilchen als oktaëdrische Körperchen). Solche, unter einem Winkel auf einander stehende, eigenthümlich wirkende Seiten nennt Malus die Pole des Lichtstrahls und daher den Ausdruck Polarisation. Gilberts Ann. XXXVIII. S. 257. Statt unbelegter Spiegelplatten bedient Mayer sich zu diesen und ähnlichen Versuchen weit schöner hinten mit schwarzem Weingeistfirniß beleg-

ter, 1 Quadratfuß Fläche habender Spiegelplatten. Verschiedene Vorrichtungen hieher gehöriger Versuche haben Mayer (Comment. de polaritate lum. in Comm. Reg. Soc. Götting II und III.) und Schulze-Montanus in Gilbert's Ann. LVI. S. 427 beschrieben. Vorzüglich empfehlungswürdig sind die in München nach Schweigger's Angabe verfertigt werdenden Lichtpolarisations-Maschinen. Kr."

„Der Polarisationswinkel ist bey durchsichtigen Materien sowohl von ihrer eigenen, wie auch von dem Lichtbrechungsvermögen des umgebenden Mittels abhängig, und macht mit dem gebrochenen Strahl einen rechten Winkel; *Brewster Philos. transact.* 1818. S. 1. Kr."

§. 755. „Läßt man den polarisirten Strahl durch dünne, regelmäßig krystallinische, parallel mit ihrer Hauptachse geschnittene Blättchen durchsichtiger Materien fallen, so bietet der Strahl, beym Umdrehen der Hauptachse der Blättchen um den polarisirten Strahl von 45° zu 45° eine vierfache wechselnde Veränderung seiner Intensität dar, welche von Biot von der im vorigen §. beschriebenen festen Polarisation unterschieden, und die bewegliche oder wechselnde Polarisation genannt wird. Kr."

„Biot a. a. O. Mit Hülfe der Lichtpolarisations-Maschine gelingen diese und die nachfolgenden Versuche leicht, wenn man die möglichst dünnen, der Hauptachse parallel geschnittenen Blättchen, z. B. des Bergkrystalls in den Ring der Maschine bringt, und gemäß den erforderlichen Graden dreht. Kr."

§. 756. „Wählt man zu den Blättchen des vorigen Versuchs die des Glimmer (der zwey Achsen hat, eine in der Ebene der Blätter, die andere senkrecht auf derselben), oder noch besser die des blättrigen Gypses, so entsteht ein ungemein schönes Spiel prachtvoll glänzender Farben, welche von 45° zu 45° viermal abwechselnd entstehen und verschwinden. Wählt man dickere oder dünnere Blätter, so ändern sich die Farben, so daß bestimmten Dicken auch bestimmte Farben entsprechen, und man aus der Dicke des Blättchens auf die Farbe und umgekehrt aus der Farbe auf die Dicke zu schließen vermag; vergl. die letzte Anmerk. zu §. 742. Kr."

„Es sind diese Farben und ohnstreitig auch deren Erzeugung vollkommen übereinstimmend mit jenen von Newton beobachteten und

beschriebenen Farbenringen (§. 749). Newton maaß die Durchmesser dieser Ringe oder Kreise (den Durchmesser des kleinsten = 1 sezend) und fand, daß die Quadrate derselben sich verhalten wie 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 und theilte nun die Farbenreihen, nach Maaßgabe der Dicke des reflectirenden Mittels und mit Bezugnahme auf die gefundenen Normalmaaße in folgende Ordnungen ab, die wir nur bis zur dritten hier folgen lassen:

Ordnungen.	Erzeugte Farben.	Dicke des farbezeugenden Mittels in Milliontheilchen eines engl. Zolles Luft	Wasser	Glas
1.	sehr schwarz	0,500	0,375	0,322
	schwarz	1,000	0,750	0,645
	schwärzlich	2,000	1,500	1,276
	blau	2,400	1,800	1,550
	weiß	5,25	3,875	3,400
	gelb	7,111	5,333	4,600
	orange	8,000	6,000	5,166
	roth	9,000	6,750	5,800
2.	violett	11,166	8,375	7,200
	indigoblau	12,833	9,625	8,182
	blau	14,000	10,500	9000
	grün	15,126	11,333	9,714
	gelb	16,276	12,200	10,400
	orange	17,222	13,000	11,111
	hochroth	18,333	13,750	11,333
	scharlach	19,666	14,750	12,666
3.	purpur	21,000	15,750	13,550
	indigoblau	22,100	16,571	14,250
	blau	23,400	17,550	15,100
	grün	25,200	18,900	16,250
	gelb	27,143	20,333	17,500
	roth	29,000	21,750	18,714
	bläulichroth	32,000	24,000	20,666

Biot berechnet nun aus der durch den polarisirten Strahl berechneten Farbe und dem bekannten Brechungsverhältniß des Blättchen die Dicke desselben, wie folgendes Beyspiel zeigt: Das Brechungsverhältniß des Glimmers gegen Luft ist 1,53; das Glimmerblättchen zeige das Blau der dritten Ordnung, welches für Luft 23,400 hat (s. die Tabelle), so ist die gesuchte Dicke $= \frac{23,4}{1,53} = 15,5$ Milliontheilchen eines englischen Zolles. Vergl. Biot IV. S. 77.

Sowohl die obigen Farben des durch dünne Blättchen gehenden polarisirten Lichtstrahls, als auch jene der Beugungsphänomene, haben mit denen dieser Tafel gleiche Reihenfolge und Abstufung, und wahrscheinlich gleiche Entstehungsbedingnisse. 1230

Nach Biot verhalten sich die abstoßenden Kräfte der beyden Polarisationsachsen des Glimmer wie 677 : 100 und diese Verdoppeltheit gedachter Achsen ist, welche bewirkt, daß der Glimmer ausnahms-

weise die Farbe ändert, wenn der Winkel verändert wird, welchen der einfallende Strahl mit der Fläche des durchsichtigen Blättchens macht. Fresnels Beob. zu Folge, hat aber auch die Temperatur Einfluß auf die Farbe der Blättchen. Kr."

§. 757. „Dreht man hiebei die Hauptachse des Gypsblättchens um den sogenannten polarisirten Strahl, so sieht man bey fortgesetzter Drehung bis 90° und 270° die Ergänzungs- (oder supplementäre) Farbe der bey 0° und 180° vorhandenen, während bey 45° Entfernung von diesen Winkeln alles ungefärbt erscheint, so daß die complementären Farben mit jenen Winkeln zusammen fallen, bey welchen der weiße Lichtstrahl die geringste Intensität, die Hauptfarbe hingegen mit jenen, wo der weiße Strahl die größte Stärke hat. Kr."

„Ergänzungsfarben, complementäre oder supplementäre Farben, nennt man alle diejenigen, welche durch Vereinigung Weißlicht geben; zwischen jeder Ergänzungsfarbe fallen zwey ungetheilte reine Farben. — Ein nicht minder auffallendes Farbenspiel als das oben erwähnte, sah Biot, als er mehrere farbenspielende Blättchen über einander legte und die Azimuthal-Winkel ihrer Hauptachse änderte; a. a. O. IV. S. 482. — Belegt man schwarze Spiegel mit dünnen Blättchen, läßt dann das Licht weißer Wolken darauf hinstrahlen, und betrachtet nun das Bild in einem zweyten Spiegel unter gehörigem Winkel, oder durch ein Kalkspathprisma, so sieht man ähnliche Farben. Kr."

§. 758. „Arago war es, der zuerst fand, daß ein durch dünne Blättchen krystallinischer Körper (Glimmer-Talk-Bergkrystall-Blätter) gegangener polarisirter Strahl seine Polarisirung verlohren hat, und daß er, wenn derselbe dann durch einen Doppelspath fällt, sich in zwey Strahlen von verschiedenen Farben zerlegt, welche einander zu Weißlicht zu ergänzen vermögen. Vergl. auch Seebeck in Schweigger's Journ. VII. S. 264. Kr."

§. 759. „Biot verfolgte diese Erscheinungen und aus seinen Untersuchungen ergab sich folgendes Gesetz: Wenn ein weißer polarisirter Lichtstrahl senkrecht auf ein Glimmer-Talk- oder Bergkrystallblättchen, welches der Hauptachse parallel geschnitten ist, fällt, so dringen alle Lichttheilchen bis zu einer geringen Tiefe hinein, ohne irgend eine merk-

liche Ablenkung in der Richtung ihrer Achse zu erleiden; wenn sie aber bis zu dieser Gränze gelangt sind, welche für die verschiedenen farbigen Mittel verschieden ist, so fangen sie insgesammt an, um ihren Schwerpunkt zu schwingen, wie die Unruhe einer Uhr. Diese Schwingungen sind für die Lichttheilchen aller Farben von gleicher Ausdehnung, aber von ungleicher Geschwindigkeit. Die violetten oscilliren schneller als die blauen, diese schneller als die grünen, und so fort bis zu den rothen, welche von allen Lichttheilchen am langsamsten schwingen. Diese Ungleichheit der Geschwindigkeit bewirkt, daß bey jeder Dicke des Blättchen sich stets verschiedene Farben an den beyden Gränzen der Schwingungen befinden; und dadurch entstehen die beyden farbigen Lichtbündel, wenn man das durchs Blättchen gegangene polarisirte Licht mittelst des Doppelspaths zerlegt (§. 758.) K."

„Biot in Gilbert's Ann. XLVII S. 16—17. Biot fügt hinzu: Ich messe die Ausdehnung dieser Schwingungen, ihre Dauer und Geschwindigkeit, und bestimme das Gesetz der Kraft, durch die sie hervorgebracht werden. Ich kann sie durch eine schickliche Einrichtung der Blättchen erweitern oder verengen, beschleunigen oder verlangsamen, ja ganz aufheben, oder sie auch im entgegengesetzten Sinne vor sich gehen machen, und doch wird jede solcher Schwingungen in der Zeit vollendet, in welcher das Lichttheilchen die Dicke von ungefähr [illegible] Linie durchläuft; welches nicht wenig überraschen muß, wenn man bedenkt, wie äußerst klein das Zeittheilchen ist, in welchem das Licht, das in einer Secunde 40000 geogr. Meilen durcheilt, den Raum [illegible] Linie zurücklegt; nehmlich nur der 14 Billionste Theil einer Secunde; u. a. O. vergl. hiemit Herschel's Bemerk. a. a. O. S. 22 u. f. und §. 756. Anm. §. 782. Die Ursache der in diesen und ähnlichen Versuchen schwingenden Substanz, bedarf noch der weitern Erforschung. Br."

§. 760. „Man neige zwey unbelegte Spiegelgläser unter einem Winkel von gefähr 110° gegen einander, und stelle einen Glaswürfel (am besten aus schnell abgekühltem, sehr sprödem Glase), Cylinder oder anderen Glaskörper zwischen beyde, so daß die Flächen des brechenden parallelen Glaskörpers gleiche Neigung gegen jedes der beyden spiegelnden Gläser haben und lasse nun freyes Tageslicht auf beyde spiegelnde Flächen fallen, so sieht man in jedem der Spiegel

ein

ein schwarzes (in der Mitte helles) Kreuz, und in jeder Ecke desselben concentrische farbige Kreise. Ist nun der erste Spiegel vom Angesichte erleuchtet, und haben die Flächen der Spiegel eine ungleichförmige Lage (d. h. wenn sie sich unter einem rechten Winkel schneiden) so sieht man im zweyten Spiegel ein ganz schwarzes Kreutz. Hält man das direct einfallende Licht vom zweyten Spiegel mittelst eines Schirms ab, so sieht man im ersten Glase gar keine Figur. — Man lasse durch mattes Glas (oder durch den Schirm einer Astrallampe vorgegangenes) gleichhelles Flammenlicht, oder das Licht einer weißen Wolke, von einem schwarzen Spiegel durch ein mit auf der Hauptachse normalen Flächen geschnittenes Doppelspathblatt, in Richtung der genannten Achse durch, und dann von einem zweyten schwarzen Spiegel im Polarisationswinkel zurückwerfen, so erscheinen ebenfalls concentrische, von einem schwarzen Kreuze durchschnittene Farbenkreise. Kr."

„Seebeck, der Entdecker dieser merkwürdigen Bilder, nennt sie entoptische Figuren; und stellt sie mittelst Spiegelung und Brechung vorzüglich schön in Glaswürfeln von oben beschriebener Art dar; Schweigger's Journ. VII. S. 285 u. f. XII. S. 1. u. f., und betrachtet als erste Bedingung ihrer Bildung — im Sinne der v. Göthe'schen Ansicht der Natur des Lichtes und der Farben — die Trübung eines lebhaften Lichtes. Biot benutzt zu dem im §. zuletzt erwähnten Versuche eine besondere Maschine; Annal. de chim. 1816. Dec. Außer Seebeck's zahlreichen und mannichfach abgeänderten Versuchen, verdienen besonders die von Brewster mit verschiedenen Flüssigkeiten und bey gleichen und ungleichen Temperaturen angestellten, sorgfältiges Studium: vergl. Schweigger XVII. S. 148 u. f. Desgleichen Munke's hieher gehörende schöne Versuche; Gilbert's Ann. LVII. S. 205. Kr."

„Auch metallene Spiegel gewähren bey gehöriger Neigung die Phänomene der Polarisation, jedoch in geringerm Grade, wie die nicht metallenen. Mit Metall belegte Glasspiegel wirken noch schlechter als eigentliche Metallspiegel. Unebenheiten der Spiegelfläche geben wellenförmige Bilder. Vorzüglich gut wirkt geglättetes schwarzes Papier, wenn es auf Holz geklebt, mit reinem Kopalfirniß überzogen wird. Kr."

„Biot erklärt sämmtliche — zum größeren Theil noch der genaueren Erforschung bedürfende — Erscheinungen der Beugung, Farbenringe, Polarisation, Farben dünner Blättchen ꝛc. durch die Annahme, daß die letzten (kleinsten) Theilchen des Lichtes gleichmäßig um ihren Schwerpunkt rotiren, so daß der eine Pol dieser Rotationsachse sich anziehend, der andere sich abstoßend zu den Kör-

peroberflächen und Körper-Einzellagen verhält, woraus denn folgt, daß die Hauptachsen der Krystalle ebenfalls ziehend und abstoßend gegen die Achsen der angenommenen Lichtkügelchen und gegen deren Pole wirken. Vergl. §. 759. Bis zu einer gewissen Tiefe in die durchsichtige Substanz eingedrungen, wird die Lage der Lichtkügelchen zur Krystallachse bestimmt, und fixirt und erzeugt nach B. so die Möglichkeit der festen Polarisation, während in dünnen Blättchen nur die oscillatorische Bewegung der Lichtkügelchen eine Abänderung erfährt, die aber nach Maaßgabe der Dicke, Temperatur rc. des Blättchens verkleinerungs- oder vergrößerungsfähig ist, und so die bewegliche Polarisation bedingt; s. oben §. 755. Kr."

Das Auge. Das natürliche und durch optische Werkzeuge verstärkte Sehen.

§. 761. Um zu wissen, was es mit dem Sehen der Gegenstände für eine Bewandniß habe, muß man nothwendig einige Kenntnisse vom Baue des Auges und derjenigen Theile desselben haben, die zum klaren und deutlichen Sehen erfordert werden.

§. 762. Die Gestalt des Augapfels (Bulbus oculi) kommt der Kugelgestalt sehr nahe, nur daß vorn der durchsichtige Theil weiter hervorragend ist. Sein Längendurchmesser beträgt beym Auge des erwachsenen Menschen etwa 11⅓ pariser Linien. Er ist in der mit Fett häufig versehenen Augenhöhlung (Orbita) nach allen Seiten durch sechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch die Augenlieder (Palpebrae) und durch die Augenwimpern (Cilia) bedeckt, und vor einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden.

§. 763. Der Augapfel besteht aus verschiedenen Häuten (Membranae), welche zum Theil zusammenhängend sind, zum Theil Höhlungen zwischen sich lassen, die mit den durchsichtigen brechenden Mitteln, die man gewöhnlich die Feuchtigkeiten (Humores), nennt, ausgefüllt sind. Die äußerste dieser Häute ist fest, zähe, dick, aus mehrern Blättern bestehend, größtentheils undurchsichtig, und umgiebt den ganzen Augapfel. Sie heißt die feste oder

harte Haut (Tunica sclerotica). Je mehr sie sich dem Vordertheile des Augapfels nähert, desto dünner wird sie, und endlich ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil der festen Haut, durch die das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die Hornhaut (Cornea transparens, Tunica cornea), und ist das Segment einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der des übrigen Augapfels. Er ist daher hervorragend (§. 762.) Seine Achse ist aber mit der Achse des Augapfels gemeinschaftlich. Die Hornhaut ist auf ihrer innern Fläche noch mit einer andern, mit vieler Schnellkraft versehenen Haut, die man die Desmourische Membran nennt, bekleidet.

§. 764. In dem Hintertheile der festen oder harten Haut, zur Seite der Achse des Augapfels, etwas nach der Nase zu, begiebt sich der Augennerve (Nervus opticus) in den Augapfel. Das innere Blatt seiner festen Hirnhaut (dura Mater), womit er bekleidet aus der Augenhöhle tritt, hilft entweder die feste Haut des Augapfels bilden, oder hängt wenigstens damit zusammen. Die Gefäßhaut (pia Mater) des Nerven überzieht inwendig die feste Haut des Augapfels, ist durchaus schwarzbraun und dünne. Der übrige markige innere Theil des Nervens, gewissermaaßen die fortgesetzte Substanz des Gehirns selbst, geht in eine weiche, niedergedrückte, conische Warze aus, und die Substanz des Nervens zur Seite dieser Warze breitet sich selbst zu der innersten Haut des Auges aus, die nachher angeführt werden wird.

§. 765. Unter der harten Haut liegt zunächst an derselben die Gefäßhaut oder Aderhaut (Tunica choroidea). Sie nimmt ihren Anfang von einem weißen, aus Zellgewebe bestehenden Zirkel, der die Substanz des Sehnerven begränzt. Sie hängt hier mit der festen Haut und diesem weißen Zirkel zusammen, und wird von da an concentrisch innerhalb der festen Haut ausgespannt, mit der sie durch etwas Zellgewebe und durch Gefäße verbunden ist. Sie ist

auswendig braun, inwendig fast schwarz. Wenn sie bis an den Ursprung der durchsichtigen Hornhaut gelangt ist, so wird sie daselbst durch vieles Zellgewebe mit der festen Haut vereinigt, in Gestalt eines weißen Kreises, des Ciliarkreises (Orbiculus ciliaris), worin noch Fontana's Strahlencanal (Canalis ciliaris) zu merken ist. Von diesem Zirkel, durch den die Gefäßhaut mit der festen Haut zusammenhängt, wendet sich ihre innere Lamelle nach dem Innern des Augapfels, und bildet die Strahlenbändchen (Ligamenta ciliaria), dicke, schön gefaltete, vasculöse Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind und die Kapsel der Krystalllinse umgeben.

§. 766. Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern steigt die Regenbogenhaut (Iris), aus dem Ciliarkreise als eine Fortsetzung der Aderhaut ebenfalls herab. Sie zeigt auf ihrer vordern Seite bunte geschlängelte Streifen, die vom Umkreise herabsteigen, und diese vordere Fläche nennt man insbesondere die Regenbogenhaut (Iris). Auf ihrer hintern Seite besteht sie aus geraden Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind. Diese hintere Fläche nennt man auch die Traubenhaut (Uvea). In der Mitte dieser undurchsichtigen Haut, die Sömmering sehr passend die Blendung heißt, befindet sich eine kreisrunde Oeffnung, die Pupille, die Sehe, das Lichtloch, durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt, und welche auf eine bewundernswürdige Art sich unwillkürlich bey schwachem Lichte erweitert, bey starkem Lichte verengert. Der zarte Rand dieser Oeffnung wird von den Streifen der hintern Seite der Regenbogenhaut gebildet.

§. 767. Wenn der Augennerve (§. 764.) durch die harte Haut und Aderhaut getreten ist, so breitet sich sein Mark zu einer feinen, zarten, in jüngern Jahren mehr durchsichtigen, im Alter mehr undurchsichtigen Haut, der Netzhaut, Nervenhaut oder Markhaut (Retina) aus,

und legt sich allenthalben an die Aderhaut bis zum größern Kreise der Strahlenfasern an. Auf dieser Nervenhaut befindet sich, nach Sömmerings Entdeckung, neben dem Eintritte des Sehnerven, nach außen zu, gerade in der Achse des Auges, ein runder, gelblicher, in der Mitte stärker, nach dem Umkreise zu schwächer gefärbter Fleck, und die Nervenhaut bildet hier eine geschlängelte Falte. Diese ganze Stelle zeigt sich viel dünner, markartiger, als die übrige Nervenhaut, besonders nach ihrem Mittelpunkte zu, wo sich sogar ein kleines, rundes Loch darin befindet, mit zwar sehr dünnen, aber rein abgeschnittenen Rändern, durch welches das braune Pigment der Aderhaut bemerkbar wird.

Ueber einen gelben Fleck und ein Loch in der Nervenhaut des menschlichen Auges, vom Herrn D. Michaelis; im Journal der Erfindungen, Theorieen und Widersprüche in der Natur- und Arzneyw. St. XV. S. 5 ff.

§. 768. Die sogenanten Feuchtigkeiten des Augapfels (§. 767), welche zum Brechen der Strahlen bestimmt sind, sind 1) in der Mitte die krystallene Feuchtigkeit oder die Krystalllinse (Humor crystallinus, Lens crystallina), die eigentlich nicht sowohl eine Flüssigkeit, als vielmehr ein fester, runder, höchst durchsichtiger, biconvexer Körper ist, dessen hintere Fläche mehr erhaben ist, als die vordere, eigentlich aus mehreren mit feinen Gefäßen versehenen, und durch ein sehr feines Zellgewebe verbundenen, mit einer sehr durchsichtigen wässerigen Feuchtigkeit ausgefüllten Lamellen besteht, die eine faserige Structur haben, und bey menschlichen Augen durch sechs Scheidewände, von denen je drey vom Scheitel jeder Halbkugel der Linse gehen, getrennt sind, wie sich nach Reils Entdeckung am besten durch Macerirung der Linse in schwacher Salpetersäure oder Schwefelsäure finden läßt. Die Linse ist in eine sehr durchsichtige Kapsel (Capsula lentis crystallinae) eingeschlossen, doch so, daß der enge Raum zwischen beyden mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt ist. Sie ist mit dem

Strahlenkörper eingefaßt. Die mittlere Brechung der Linse verhält sich nach Jurin gegen die der Luft, wie 1,46 : 1. Nach ebendemselben beträgt nach einer Mittelzahl der Halbmesser ihrer vordern Krümmung 3,3081 englische Decimallinien, der hintere aber 2,5056, und ihre größte Dicke 1,8525 solcher Linien.

Reil, von der faserigen Structur der Krystalllinse, in Gren's Journ. der Phys. B. VIII. S. 325 ff.

§. 769. Den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Krystalllinse erfüllt 2) die **wässerige Flüssigkeit** (Humor aqueus). Der ganze Raum wird durch die Iris in die **vordere** (Camera anterior) und **hintere Kammer** (Camera posterior) eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinschaft haben. Die wässerige Feuchtigkeit füllt beyde aus, und treibt die Hornhaut in die Höhe. Der Halbmesser dieser Krümmung der Hornhaut beträgt nach Jurin 3,3294 Decimallinien engl. Die wässerige Feuchtigkeit ist dünn-flüssig, durchsichtig und schwachsalzig. Ihre mittlere Brechkraft gegen die Luft ist wie 1,29 : 1.

§. 770. Den größern Theil des Auges hinter der Krystalllinse füllt 3) die **Glasfeuchtigkeit** (Humor vitreus) aus. Sie stellt eine sehr klare und durchsichtige Gallerte vor, und besteht aus sehr feinen Zellen, in welche die gallertartige Flüssigkeit eingeschlossen ist. Sie hat vorn eine Concavität, wo sie die Krystalllinse berührt, und ist mit einer feinen, durchsichtigen, eigenen Membran eingeschlossen. Ihre mittlere Brechkraft verhält sich gegen die Luft nach Rochon wie 1,33 : 1.

Zinn descriptio anatomica oculi humani, Goett. 1755. 4. recudi curavit *Henr. Aug. Wrisberg*, ibid. 1780. 4. Alb. von Hallers Grundriß der Physiologie, aus dem Lat. mit Anm. von Sömmering und Meckel, Berlin 1788. 8. Kap. XV. An essay on vision, briefly explaining the fabric of eye and the nature of vision, by *Georg. Adams*, Lond. 1792. 8. Georg Adams Anweisung zur Erhaltung des Gesichts und zur Kenntniß der Natur des Sehens; a. d. Engl. von Fr. Kries. Gotha 1794. 8.

„Vergl. auch S. T. Sömmering Abbild. des menschl. Auges rc. Frankfurt 1801 u. *W. Sömmering* de ocul. hom. animal. sect. horizont. Goetting. 1818. fol. und hinsichtl. der Thieraugen: Blumenbach's vergl. Anatomie. S. 385 u. f. Kr.“

§. 771. Vermittelst dieses so bewundernswürdig eingerichteten Werkzeugs erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das Sehen nennen. Die richtige Erklärungsart von der Hervorbringung dieser Empfindung blieb aber lange Zeit unbekannt und wurde erst von Keplern entdeckt. Die Alten glaubten, daß die Strahlen von dem Auge nach den Gegenständen zu ausgingen, wie Empedokles, Plato, Euklides, und von da wieder nach den Augen zurückgeworfen würden, wie die Stoiker annahmen. Porta entdeckte zuerst die Aehnlichkeit des Auges mit dem verfinsterten Zimmer; er zeigte dadurch einen bessern Weg zur Erklärung des Sehens, ob er sich gleich die Sache selbst noch unrichtig vorstellte, da er die Krystalllinse für die Wand hielt, auf welcher sich das Bild des Gegenstandes abbilde, und von jedem sichtbaren Punkte des Gegenstandes nur einen Strahl ins Auge kommen ließ. Erst Kepler gab richtige Begriffe über die Art und Weise der Entstehung des Bildes.

§. 772. Von jedem Punkte eines sichtbaren leuchtenden oder erleuchteten Körpers fahren nach geraden Linien Strahlenkegel aus (§. 654.), deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, uud deren Spitze der sichtbare Punkt ist. Von diesem Strahlenkegel kann nur derjenige Theil die Empfindung des Sehens des sichtbaren Punktes bewirken, welcher auf die Pupille trifft. Beym Durchgange dieses Strahlenkegels durch die Hornhaut und wässerige Feuchtigkeit vor und hinter der Pupille leidet er die ersten beyden Brechungen; auf der vordern Fläche der Krystalllinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 707.), die dritte und stärkere; und in der gläsernen Feuchtigkeit die vierte Brechung. Die divergirenden Strahlen dieses Strahlenkegels werden dadurch convergirend, und treffen end-

lich in einem Punkte zusammen. Dieser Punkt der Wiedervereinigung der Strahlen ist der Ort des Bildes vom Punkte.

Es sey also (Fig. 115.) DE das Auge nach einem Durchschnitt in der Länge seiner Achse. Von dem Punkte A gehe ein divergirender Strahlenkegel aus, der auf die Hornhaut des Auges fällt. Da die Strahlen aus dem dünnern Medio, der Luft, in das dichtere übergehen, so werden sie dem Perpendikel zu gebrochen, und dadurch, wie aus dem Vorigen von der Brechung in krummen Flächen bekannt ist, convergirend, wenn der strahlende Punkt nicht zu nahe, d. h. die Divergenz der Strahlen nicht zu groß ist. Man sieht, daß dadurch auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen seyn würden. Durch die Brechung in der Krystallinse C und der Glasfeuchtigkeit werden die Strahlen noch stärker convergirend, und vereinigen sich in einem Punkte in a, der das Bild von A ist.

§. 773. Die Strahlen jedes Strahlenkegels also, welcher aus jedem Punkte des Körpers ausfährt und auf die Pupille trifft, vereinigen sich hinter der Linse, wie im finstern Zimmer, dessen Oeffnung mit einem erhabenen Glase versehen ist; und wenn das Auge die gewöhnliche Einrichrichtung hat, und das Object nicht zu entfernt oder dem Auge nicht so nahe ist, so liegt das Bild des Punktes auf der Netzhaut. Von jedem sichtbaren Punkte eines Gegenstandes entsteht natürlicher Weise ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zusammen, wie im verfinsterten Zimmer, ein verkehrt stehendes vom ganzen Objecte machen.

Es sey (Fig. 116.) CAB ein Object, das vor dem Auge steht. Von den Punkten C, A und B gehen divergirende Strahlenkegel nach dem Auge, deren Strahlen durch die Brechungen zu convergirenden werden, und sich wieder in einem Punkt vereinigen. Sie machen also das verkleinerte und verkehrt stehende Bild bac.

§. 774. Diese Wiedervereinigung der Strahlen eines Strahlenkegels von einem sichtbaren Punkte auf der Netzhaut, oder die Abbildung des Gegenstandes auf derselben, ist nun mit der Empfindung des Sehens begleitet. Wie die Vorstellungen aber mit diesem Zusammentreffen der Lichtstrahlen zu einem Bilde des Gegenstandes zusammenhängen, dieß zu erklären, reichen unsere Erfahrungen nicht hin. Das Bild und die Empfindung des Sehens

sind Wirkungen einer einzigen Ursache. Wir können nicht annehmen, daß das Bild als Bild die Empfindung bewirke. Denn dieß kann es ja nicht, da es nur Phantom ist; eben so wenig können also auch die Farben, die am Bilde sind, die Empfindung der Farben hervorbringen. Noch weniger wird man glauben, daß die Seele das Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut beschaue, und dadurch Vorstellung davon erhalte, so wie wir etwa in der finstern Kammer das Bild eines abgebildeten Gegenstandes wahrnehmen.

§. 775. Nur die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der Netzhaut erzeugt das deutliche Sehen dieses Punktes, und in so fern hierdurch sonst ein Bild des Punktes entsteht, können wir annehmen, daß das Bild die Empfindung mache. Nur die Netzhaut ist für diese Wiedervereinigungspunkte fühlbar, und pflanzt die Empfindung durch den Gesichtsnerven bis zum Gehirne fort. Weiter können wir nun eben so wenig erklären, wie mit dieser Empfindung die Vorstellung des Sehens verknüpft ist, als wir es erklären können, wie der Eindruck auf die Nerven der Zunge und des Gaums den Geschmack, auf die Nerven der Nase den Geruch, oder auf den Gehörnerven das Hören, und die davon abhängenden Urtheile unserer Seele erzeuge. Die Vorstellung der Farben endlich möchte wohl aus der verschiedenen Empfindung herrühren, welche die verschiedenen Gattungen der Lichtstrahlen auf der Netzhaut bewirken, und welche sie eben so verschiedentlich rühren, als es verschiedene riechende Ausflüsse bey den Geruchsnerven thun.

§. 776. Die Frage, warum wir die Gegenstände nicht verkehrt wahrnehmen, da doch das Bild derselben auf der Netzhaut verkehrt liegt, hat in der That keinen vernünftigen Sinn. In der Zeichnung des Bildes (Fig. 116.) beziehen wir freylich dieses auf den Gegenstand, und da steht das Bild gegen diesen allerdings verkehrt. Aber bey

der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenstände zusammen beziehen wir die Bilder zu den Bildern, und die haben ja gegen einander dasselbige räumliche Verhältniß, als die Objecte: folglich sind sie nicht gegen einander verkehrt. Wenn wir also einen Menschen auf dem Fußboden eines Zimmers stehend wahrnehmen, so bildet er sich so auf der Netzhaut ab, daß seine Füße gegen den zugleich mit abgebildeten Fußboden dieselbige Beziehung haben, als im Objecte. Er wird ja nicht mit dem Kopfe auf dem Fußboden stehend abgebildet; folglich steht er auch im Bilde nicht verkehrt gegen den Fußboden und gegen die Decke des Zimmers, sondern das Bild hat dieselbige räumliche Beziehung gegen die Bilder dieser, als die Objecte. Wenn sich also alles in der Welt in derselbigen räumlichen Verbindung auf der Netzhaut abbildet, worin es natürlich ist, so sehen wir nichts verkehrt.

Das astronomische Fernrohr kann hier gar nichts dagegen, sondern wohl dafür beweisen, weil das dadurch erhaltene Bild gegen das durchs bloße Auge erzeugte eine verkehrte Lage hat.

„Das Bild, welches wir sehen, und das Bild, welches die Empfindung verursacht, haben eine entgegengesetzte Lage. Dieser Widerspruch wird durch das, was im §. gesagt wird, nicht gehoben, sondern nur versteckt. Aber die eigentliche Schwierigkeit liegt nicht in diesem Widerspruche, sondern darin, daß überhaupt diese beyden Bilder verschieden sind, und daß das Bild, welches wir sehen, außer dem Auge liegt, da doch das Bild, welches die Empfindung hervorbringt, im Auge ist. Mehrere hierher gehörige Bemerkungen findet man im 40. Kap. meiner mechan. Naturl. F."

§. 777. Eben so wenig hat es auch mit der Schwierigkeit zu bedeuten, die einige darin zu finden glaubten, daß wir mit zwey Augen die Gegenstände nur einfach sehen. Denn, wenn gleich von einerley Punkt zwey verschiedene Strahlenkegel nach den beyden Augen gehen, so setzen wir doch den Punkt nur dahin, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels treffen muß, — und diese Spitze ist ja beyden Strahlenkegeln gemeinschaftlich; — daher muß der Punkt, auch durch beyde Augen gesehen, nur einfach erscheinen. Das Gegentheil geschieht, wenn man den einen Augapfel mit den Fingern zur Seite drückt, wodurch die

Spitzen der Lichtkegel von einander gebracht werden, und also das Object zwiefach empfunden wird.

§. 778. Ueberhaupt kommt es bey dem Urtheil der Seele über das Gesehene auf weit mehrere Umstände an, als bey den Empfindungen durch andere Sinne. Wir verbinden von Jugend auf unvermerkt mit dem Gesichte das Getast, und üben uns dadurch, aus dem, was uns das Auge darstellt, Urtheile über die wahren und eigentlichen Lagen, Entfernungen, Größen und Gestalten der Körper zu fällen. Wir erlangen eine Fertigkeit, aus der Verbindung beyder Sinne, bey Gegenständen, die wenigstens nahe um uns herum sind, richtig zu urtheilen; aber weil auch dieses Urtheil mit dem Sehen selbst ohne unser Bewußtseyn so innig verbunden ist, so kommt es auch oft, daß wir etwas zu sehen glauben, was wir bloß aus dem Gesehenen schließen; und wir schließen manchmal falsch, ob wir gleich richtig sehen.

Die Geschichte einiger Blindgebohrnen und am Staar glücklich operirter Personen (s. Cheselden in philos. transact. No. 402. und in Smith's Lehrbegriff der Optik; ingleichem Lichtenbergs Magazin für die Physik, B. 4. St. 1. S. 21.) kann es beweisen, daß wir von den Entfernungen, Lagen, Größen und Figuren der Gegenstände nicht anders, als erst durch Beyhülfe des Getasts urtheilen lernen, oder daß wir die Empfindungen des Gesichts mit denen des Getasts vergleichen müssen, um durch fortgesetzte Erfahrungen in den Stand gesetzt zu werden, aus dem Gesehenen auf ihre Entfernungen, Lage, Figur u. s. w. zu schließen.

§. 779. Wenn man von den äußersten Enden eines sichtbaren Gegenstandes gerade Linien nach dem Mittelpunkte der Pupille des Auges zu zieht, so heißt der Winkel, den sie hier machen, der Sehewinkel oder die scheinbare Größe des Gegenstandes (Angulus opticus, visorius; Magnitudo, Diameter objecti apparens). Dieser Sehewinkel wird bey einerley Object natürlicherweise größer, je näher dieses dem Auge kommt, und desto kleiner, je weiter es sich davon entfernt.

§. 780. Unser Urtheil über die Größe der Gegenstände hängt nicht allein von ihrer wahren Größe, sondern

auch von diesem Sehwinkel mit ab, unter welchem wir die Objecte wahrnehmen, und von welchem auch die Größe des Bildes auf der Netzhaut abhängt. Gegenstände von verschiedenen wahren Größen können daher dem Auge unter einerley scheinbarer Größe erscheinen, wenn sie unter einerley Sehewinkel wahrgenommen werden; und umgekehrt können Gegenstände von einerley wahrer Größe unter einer verschiedenen scheinbaren Größe wahrgenommen werden, wenn der Sehewinkel verschiedentlich groß ist.

Sonne und Mond können uns gleich groß erscheinen, ungeachtet ihre Größe sehr verschieden ist, wenn der Sehewinkel, unter dem wir beyde sehen, gleich groß ist.

Der Stundenzeiger einer Taschenuhr scheint uns zu ruhen, weil sich der Sehewinkel in kurzer Zeit nur unmerklich ändert.

Auf einem Kornfelde scheinen uns die Kornähren, welche weiter entfernt sind, dichter zu stehen, als die nähern.

Eine lange Allee scheint uns am Ende spitzig zuzulaufen.

§. 781. Ein bloß erleuchteter Gegenstand kann daher endlich dem Auge unsichtbar werden, wenn der Sehewinkel so klein wird, daß er nicht empfunden werden kann, oder wenn der Bogen desselben bis zu einer Größe von etwa einer Minute abnimmt. Leuchtende Gegenstände können uns hingegen in einer noch viel weitern Entfernung sichtbar bleiben, wobey sie uns aber dann auch ohne bemerkbaren Durchmesser erscheinen müssen, wie die Fixsterne.

§. 782. Sonst beurtheilen wir auch noch die wahre Größe des gesehenen Gegenstandes aus seinen uns sonst bekannten Entfernungen, aus der stärkern oder schwächern Erleuchtung, worin er uns erscheint, und dann auch aus dem Verhältniß seines Bildes zu den Bildern naher Gegenstände, deren wahre Größe wir kennen.

Der hinter Bergen oder hinter Bäumen aufgehende Mond scheint uns größer, als wenn er höher am Horizont steht.

§. 783. Die Urtheile unserer Seele über Entfernungen der Dinge von uns hängen keinesweges von den Empfindungen des Gesichts allein ab, sondern wir erlangen

die Fertigkeit, von dem, was wir sehen, auf die Entfernungen, Größen oder Stellen zu schließen, oder das Augenmaaß, ebenfalls durch Vergleichung der Empfindungen des Gesichts mit denen des Getasts, und durch Erfahrungen, die wir, obgleich unvermerkt, von Jugend auf hierüber anstellen; und wir sind uns der Umstände, aus denen die Vorstellung einer wirklichen Entfernung in uns entsteht, selten deutlich bewußt. Ohne Erfahrungen durchs Getast über die Entfernung der Dinge würden wir glauben, daß die Gegenstände dicht vor dem Auge stünden.

§. 784. Bey nahen Gegenständen schätzen wir die Entfernung derselben aus der zum genauen Sehen nöthigen Veränderung des Auges, welche wir vornehmen müssen, um auf verschiedene Entfernungen deutlich zu sehen; und wir urtheilen dann, daß der Gegenstand da sey, wo die Spitzen der Lichtkegel zu stehen kommen, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist. Bey entfernten Gegenständen schätzen wir die Entfernungen aus dem Winkel, den die beyden Augenachsen mit einander machen; aus der Vergleichung der uns bekannten wahren Größe derselben mit der scheinbaren, in welcher wir sie wahrnehmen; aus der größern oder geringern Helligkeit und Klarheit, worin wir sie sehen; aus der Deutlichkeit der kleinen Theile eines Gegenstandes; und endlich aus der Menge anderer zwischen dem Gegenstande und dem Auge befindlichen Dinge.

Hieraus erhellet leicht, warum uns das Meer, vom Ufer aus gesehen, wenn wir sonst keine Gegenstände, wie Schiffe, Inseln u. dergl. darauf wahrnehmen, bey weitem nicht so weit ausgedehnt erscheint, als diejenigen glauben, die es nicht gesehen haben.

§. 785. Wir können mit gesunden Augen Gegenstände in verschiedenen Entfernungen vom Auge noch deutlich wahrnehmen. Da nun das Bild eines entfernten Gegenstandes nicht so weit hinter die Krystalllinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 711.), fällt, als das Bild eines nähern, und das Auge doch nur dann deutlich sieht, wenn die Spitzen der Strahlenkegel oder das Bild des Gegenstandes die

Netzhaut treffen; so muß das Auge ein Vermögen besitzen, seine Einrichtung zu ändern, und dadurch auf größere oder kleinere Weiten deutlich zu sehen. Aus der faserigen Structur der Krystallinse läßt sich nach Young allerdings schließen, daß wir das Vermögen besitzen, sie erhabener zu machen, oder aus der biconvexen Form mehr der Kugelgestalt zu nähern, so daß die Halbmesser ihrer Krümmungen kleiner werden, wodurch also auch ihre Brennweite kleiner wird. Dieß müßte bey nahen Gegenständen Statt finden, da sie hingegen bey entferntern Gegenständen wieder in den gewöhnlichen Zustand zurückkäme. Mit dieser Veränderung kann eine andere recht wohl bestehen, woraus man auch die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Weiten erklärt, nehmlich eine mehrere oder mindere Zusammendrückung der harten Haut durch die Augenmuskeln, wodurch zugleich die Hornhaut convexer werden kann.

r Beobachtungen über das Sehen, von Thom. Young; in Gren's Journ. der Physik. B. VIII. S. 415 ff. *Henr. Wilh. Olbers* de oculi mutationibus internis. Goett. 1780 4.

„Hume hat es sehr einleuchtend gemacht, daß die vier geraden Muskeln, welche das Auge bewegen, auch die Krümmung der sehr elastischen Hornhaut verändern, und dadurch das deutliche Sehen in verschiedenen Entfernungen bewirken können. M. s. Reil's Archiv der Physiologie. B. II. S. 25—67. F."

§. 786. Diese Veränderungen finden natürlicherweise ihre Gränzen, und es giebt daher für jedes Auge eine gewisse Weite, in der es bey seinem natürlichen Zustande deutlich sieht. Diese Weite, bey der es kleinere Gegenstände noch deutlich wahrnehmen kann (Distantia visionis distinctae), setzt man zwar gewöhnlich auf 12 bis 16 Zoll, allein sie ist bey vielen Personen größer oder geringer.

§. 787. Wenn die Hornhaut eines Auges zu sehr erhaben, die Krystallinse zu convex oder ihr Abstand von der Netzhaut zu groß ist, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenständen, die 12 bis 16 Zoll und drüber entfernt sind, nach dem Brechen zu früh zusammen, ehe sie die Netzhaut erreichen; oder die Divergenz der Strahlen

von den Strahlenkegeln dieser Gegenstände ist für ein solches Auge zu geringe, als daß der Vereinigungspunkt die Netzhaut treffen sollte. Ein solches Auge sieht daher nur nahe Gegenstände deutlich, entfernte undeutlich. Personen, welche diesen Fehler haben, heißen Kurzsichtige, (Myopes), und die Weite, bey der sie kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen, erstreckt sich ohngefähr nur auf 4 bis 6 Zoll. Hohlgläser vermehren die Divergenz divergirender Strahlen (§. 714.), und durch Hülfe derselben sehen also Kurzsichtige auch mehr entfernte Gegenstände deutlich.

§. 788. Wenn hingegen das Auge so beschaffen ist, daß die Hornhaut und die Krystalllinse flach, und in der Convexität vermindert ist, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von nahen Gegenständen zu spät zusammen, und das Bild würde erst hinter die Netzhaut fallen. Ein solches Auge kann nur entfernte Gegenstände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. Diejenigen, welche diesen Fehler der Augen haben, heißen Weitsichtige (Presbytae), und derselbe entsteht gewöhnlich im Alter. Die nächste Weite, wobey ein solches Auge noch deutlich sieht, ist größer, als 16 Zoll; bey manchen 2 bis 3 Fuß. Da erhabene Gläser das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern (§. 707.), und die Strahlen aus nahen Punkten so zu brechen, als ob sie aus entfernten Punkten herkämen, so können Weitsichtige durch Hülfe derselben auch nahe Gegenstände deutlich sehen, und sie bedienen sich daher zu diesem Zwecke der Brillen; „insbesondere der von Wollaston erfundenen periskopischen Brillen. Kr."

„Vergl. Adam's Anweis. zur Erhalt. des Gesichts rc.; übers. von Kries. Gotha 1794. 8. und Winklers Anleit. rc. Leipzig. 1812. 8. Kr."

§. 789. Gegenstände, welche sehr klein sind, sehen wir auch in der gewöhnlichen, zum deutlichen Sehen erforderlichen Weite (§. 786.) nicht deutlich. Dadurch, daß wir sie dem Auge näher bringen, würden wir zwar den Sehwinkel, un-

[illegible] wahrnehmen, vergrößern; aber dann trifft [illegible] der Netzhaut nicht mehr, und wir sehen den Gegenstand verwirrt und undeutlich. Ein Werkzeug, welches [illegible], ganz kleine Gegenstände größer, als in der ge[illegible] Entfernung vom Auge, und doch deutlich zu sehen. heißt ein Mikroscop oder Vergrößerungsglas (Mi[illegible]scopium, Engyscopium).

§. 790. Jedes erhabene Glas und jede Glaskugel vergrößern der Erfahrung zu Folge die Objecte, wenn wir sie dadurch betrachten. Man bedient sich aber vorzüglich, um ganz kleine Sachen dadurch zu betrachten, kleiner, sehr erhabener Linsen, oder kleiner Glaskügelchen, und beyde heißen daher auch einfache Mikroscope (Microscopia simplicia). Die Strahlen, welche von diesen kleinen Gegenständen, wenn sie nahe ans Auge gehalten werden, divergirend in dasselbe treten würden, werden durch diese Vergrößerungsgläser, wenn sie in dem Brennpunkte derselben liegen, nach dem Brechen parallel (§. 707.); liegt aber der Gegenstand noch innerhalb des Brennpunktes, so vermindert das Glas die Divergenz der Strahlen, als kämen sie aus einem vergrößerten und entferntern Gegenstande, und das Auge sieht dadurch den sehr genäherten Gegenstand deutlich. Das Auge sieht nun den Gegenstand unter einem desto größern Sehewinkel, und also auch um desto größer (§. 780.), je näher sich das Object am Auge befindet, also je kleiner die Brennweite der Linse ist. Ueberhaupt verhält sich die Größe, unter welcher man Gegenstände durch eine Vergrößerungslinse in dem Brennpunkte derselben erblickt, zu der Größe, in der man sie ohne Glas deutlich erkennen kann, wie die kleinste Entfernung, bey der man ohne Glas deutlich sehen kann, zur Brennweite der Vergrößerungsgläser. Da nun der Brennpunkt desto näher an das Glas kommt, je kleiner der Durchmesser der Linse wird, so sieht man auch leicht ein, daß die Linsen um desto mehr vergrößern, je kleiner der Durchmesser der Kugel ist, wovon die

Flä-

fläche der Linse ein Abschnitt ist. Zu den stärksten Vergrößerungen gebraucht man daher ganz kleine Glaskügelchen.

Es sey LM (Fig. 117.) eine Glaslinse von sehr kurzer Brennweite, in deren Brennraume ein kleiner Gegenstand ab befindlich sey. Es ist aus dem Vorigen (§. 707.) klar, daß die divergirenden Strahlen, die von den erleuchteten Punkten des Objects ab gegen die Linse zu gehen, durch das Brechen zu parallelen werden. Die Strahlen des Punktes a gehen also als parallele nach O, und die des Punktes b als parallele nach Q. Die letztern schneiden die erstern unter dem Winkel QCO = aCb. Das der Linse sehr genäherte Auge sieht nun die Punkte a und b deutlich, wenn es nicht kurzsichtig ist, und so das ganze kleine Object ab. Ein kurzsichtiges Auge rückt das Object ein wenig innerhalb der Brennweite, wodurch die ausfahrenden Strahlen einige Divergenz bekommen. Da wir nicht gewohnt sind, Objecte so nahe am Auge wahrzunehmen, und überhaupt so kleine sonst nicht deutlich sehen, so beziehen wir das Object auf die Distanz AC, bey der wir sonst die Objecte deutlich zu sehen gewohnt sind. Da nun das Object AB in der Entfernung CA dem bloßen Auge unter eben dem Sehwinkel erscheinen würde, so schreiben wir dem Objecte ab die Größe AB zu. Es ist also die Größe des scheinbaren Durchmessers des Objects durchs Mikroscop, wie die Weite, bey der jemand deutlich sieht, zur Brennweite der Linse. Weil nehmlich die Dreyecke aCb und ACB ähnlich sind, so ist AB : ab = AC : aC.

Man findet nach dem hier Erwähnten die Stärke der Vergrößerungen, wenn man die Entfernung, bey der man kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen kann, durch die Brennweite des Vergrößerungsglases dividirt. Wenn z. B. ein Auge in der Entfernung von 10 Zoll deutlich sieht, so ist die Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers eines Objects, das man durch ein Vergrößerungsglas von 1 Linie Brennweite betrachtet, 120mal, folglich die Vergrößerung des Flächenraums 14400mal.

„Um der Einfachheit willen nimmt man bey der Theorie aller optischen Werkzeuge an, das Auge sehe durch parallele Strahlen deutlich, als ob sich unendlich entfernte Punkte auf der Netzhaut am schärfsten abmahlten. Dieß ist wohl bey wenigen unverwöhnten Augen der Fall; doch giebt es unter den ziemlich zahlreichen Augen, die durch unzeitigen Gebrauch von Gläsern verwöhnt sind, manche, die sogar convergirende Strahlen zum deutlichen Sehen fordern. Allein das Auge sey beschaffen, wie es wolle, so ist es in jedem Fall leicht, das Bild, welches man sieht, in eine solche Entfernung zu bringen, daß man es deutlich sehen kann, indem man bey Mikroscopen die Entfernung des Gegenstandes ein wenig ändert, bey Fernröhren aber die Röhre, welche die Oculargläser enthält, ein wenig verschiebt. F."

„Vergrößerung der Bilder durch kleine Oeffnungen, Nadelstiche rc. in Papier. Mikroscope mit achromatischen Gläsern. Kr."

§. 791. Um die Gegenstände in den erforderlichen Entfernungen an ein solches Vergrößerungsglas bequem zu

bringen und dadurch zu betrachten, und sie auch gehörig zu erleuchten, hat man mehrerley Vorrichtungen ausgedacht. Wir bemerken hier nur besonders das einfache Wilsonsche [1]) oder Lieberkühnsche Mikroscop, und das Mikroscop mit dem Erleuchtungsspiegel [2]).

1) Gehler's physik. Wörterb. Th. III. S. 221.

2) *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. T. II. Tab. XLV. Fig. 3.

„Vorzüglich wirkt Adams Lampenmikroscop und stärkste Vergrößerungen gewährt das Sonnenmikroscop. Kr.“

§. 792. Sonst hat man auch zusammengesetzte Mikroscope (Microscopia composita), die aus mehrern Linsen bestehen, durch welche man das Bild des Gegenstandes umgekehrt und vergrößert sieht. Der Gegenstand erhält entweder durch einen Hohlspiegel oder durch ein convexes Glas Erleuchtung. Wir merken hier das Cuffische Mikroscop.

Es sey (Fig. 118.) ein kleines Object ach etwas weiter, als die Brennweite der mikroscopischen Linse LM beträgt, von derselben in der gehörigen Erleuchtung gestellt. In diesem Falle werden die divergirenden Strahlen der Punkte a, c, h durch die Brechung zu convergirenden (§. 707.); und zwar werden sie desto später zusammenlaufen, je näher sie dem Brennpunkte der Linse LM sind. BCA ist hiernach Bild des Objects, und steht gegen dasselbe verkehrt. Wenn nun noch in FE eine größere convexe Linse ist, deren Brennraum mit dem Bilde BCA zusammenfällt, so werden die von B, C und A ausfahrenden divergirenden Strahlen durch das Brechen zu parallelen (§. 707.), und schneiden sich in O. Ist hier in O das Auge, so sieht es das umgekehrte Bild BCA des Objects ach deutlich, unter dem Winkel BDA.

Damit aber die Länge dieses Mikroscops kürzer, und zugleich das Gesichtsfeld größer werde, wird zwischen LM und FE noch eine convexe Linse angebracht, und das Mikroscop wird also aus drey Linsen zusammengesetzt. Es sey (Fig. 119.) ein kleines Object AB, das von der kleinen mikroscopischen Linse KEC weiter absteht, als die Brennweite derselben beträgt. Die divergirenden Strahlen der Punkte B und A werden solchergestalt durch das Brechen der Linse KEC zu convergirenden. Ehe aber die convergirenden Strahlen s, r, t und Z, K, V der Punkte B und A sich schneiden und das Bild machen, treffen sie auf die größere convexe Linse GH (das Collectivglas), und werden dadurch früher convergirend (§ 707.) in d und f, wo sie das umgekehrte Bild fd des Objects BA machen, von da als divergirende fkq und dpn auf die Linse nk (das Ocular) fallen, die um die Brennweite von dem Bilde fd entfernt steht. Durch das Brechen in dieser Linse werden sie nun zu parallelen, und das Auge in O sieht dadurch das Bild fd des Objects BA deutlich und vergrößert unter dem Winkel aOp.

Um die Linsen dieses zusammengesetzten Mikroscops gehörig zu stellen, den Gegenstand gegen das Instrument richtig zu ordnen, zu behandeln, und gehörig zu erleuchten, sehe man *Baker* Employment for the microscope, Lond. 1752. 8. Beyträge zum Gebrauch und Verbesserung des Mikroscops, a. d. Engl. Augsburg 1754. 8. Brander's Beschreibung zweyer zusammengesetzter Mikroscope, Augsburg 1769. 8.

§. 793. Werkzeuge aus zusammen verbundenen Linsen, oder auch Spiegeln mit Linsen, welche dazu dienen, entfernte Gegenstände, die man durchs bloße Gesicht nicht deutlich sehen kann, klar und deutlich wahrzunehmen, heißen **Fernröhre, Telescope** (Telescopia, Tubi optici). Man kann sie überhaupt in zwey Gattungen; 1) in dioptrische, und 2) in katadioptrische eintheilen.

§. 794. Die dioptrischen Fernröhre bestehen aus verschiedenen Glaslinsen, welche in einem Rohre einander näher gebracht oder von einander mehr entfernt werden können. Diese Linsen selbst führen verschiedene Namen. 1) Das Objectivglas oder Vorderglas ist dasjenige, das sich an dem äußersten Ende des Rohrs befindet, und dem zu betrachtenden Gegenstande zu gerichtet ist. Es ist allemal convex, und hat auch eine größere Brennweite, als die übrigen Linsen. 2) Die Augengläser oder Oculargläser, deren Stelle an dem andern Ende des Rohres ist, und die dem Auge zu gerichtet sind. Ihre wahre oder eingebildete Brennweite ist immer kürzer, als die des Objectivglases. Das Rohr, worin man diese Gläser befestigt, überzieht man inwendig mit einer schwarzen Farbe, und giebt dem Objectivglase Bedeckungen, um dadurch die Undeutlichkeit des Bildes, welche von der Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (§. 709.) entsteht, zu vermindern; zu eben dieser Absicht dienen auch für die Augengläser die Blendungen in den Röhren.

§. 795. Die erstere und älteste Art dieser dioptrischen Fernröhre ist das Holländische oder Galileische Fernrohr. Es besteht aus einem convexen Objectiv- und

einem concaven Ocularglase, die auf einerley Achse so gestellt sind, daß der eingebildete Brennpunkt des letztern mit dem wahren Brennpunkte des erstern zusammentrifft. Die Entfernung der Linsen von einander ist folglich der Divergenz ihrer Brennweiten gleich. Gegenstände, durch dieses Fernrohr betrachtet, erscheinen gerade und unter einem größern Sehewinkel; eigentlich so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist. Wegen des geringen Gesichtsfeldes, oder des geringen Raumes, den man durch dieses Fernrohr übersehen kann, und wegen der Unbequemlichkeit, daß man das Auge dicht an das Ocular legen muß, gebraucht man es jetzt nur noch zu Taschenperspectiven.

Es sey (Fig. 120.) das convexe Objectivglas MN mit dem concaven Oculare PQ auf einerley Achse so gestellt, daß der Focus des erstern Do mit dem Focus des letztern Ko zusammenfalle. Es sey das Objectivglas einem sehr entfernten Objecte zu gerichtet, so daß die von den äußersten Punkten O und B des letztern auf das Objectiv fahrenden divergirenden Strahlen als parallel anzusehen sind, und sich daher in Strahlencylinder verwandeln. Die Achse Δ des Strahlencylinders O stehe senkrecht auf MN und PQ: so geht der Strahl, der diese Achse vorstellt, ungebrochen durch beyde Gläser, und ist ADo. Die damit parallelen Strahlen dieses Strahlencylinders O werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, und würden ohne PQ in o zusammentreffen; durch die Brechung in PQ aber werden sie zu parallelen (§. 714.). Von dem untern Punkte B des Objects geht eben so ein Strahlencylinder BD nach dem Objectivglase MN; und die durch die Brechung in demselben convergirend gemachten Strahlen desselben werden durch die Brechung in PQ zu parallelen. Was von diesen Strahlencylindern O und B gilt, gilt von allen den Strahlencylindern der übrigen zwischen O und B befindlichen Punkte des Objects, die auf das Objectivglas fallen. Wenn daher das Auge dicht hinter dem Oculare PQ ist, so wird es die Punkte A und B, und so die übrigen dazwischen, deutlich sehen: denn die parallelen Strahlen Cb und Ko werden durch die Brechung im Auge ein Bild der Punkte b und o auf der Netzhaut machen, das eben so gegen das Object verkehrt steht, als es ohne die Gläser durch die Brechung im Auge allein stehen würde. Das Auge sieht also den Gegenstand aufrecht, und unter einem vergrößerten Sehewinkel.

Scherfferi instit. phys. P. II. S. 245.

(„In der zu diesem §. gehörigen 120. Figur sind die von B kommenden Strahlen nach ihrem Austritte aus dem Ocular PQ falsch gezeichnet. Sie sollten stärker aufwärts gebrochen und der Linie Kb parallel seyn. Denkt man sich die Figur so abgeändert, so sieht man ein, daß man den Halbmesser des Gegenstandes durch das Fernrohr unter dem Winkel bKo, ohne dasselbe unter dem Winkel bDo sieht.

Das Verhältniß dieser Winkel giebt also die Vergrößerung an. Nun ist Tang. $bKo = \frac{bd}{dK}$, und Tang. $bDo = \frac{bd}{dD}$; also Tang. bKo : Tang. $bDo = \frac{1}{dK} : \frac{1}{dD} = dD : dK$; oder, weil kleine Winkel sich wie ihre Tangenten verhalten, $bKo : bDo = \frac{dD}{dK}$, d. h. der Brennweite des Objects, dividirt durch die Brennweite des Oculars." F."

§. 796. Eine zweyte Art ist das Keplersche Sternrohr (Tubus astronomicus), in welchem ein convexes Augenglas mit einem convexen Objective von einer längern Brennweite so zusammengesetzt ist, daß ihre Entfernung von einander der Summe ihrer Brennweiten gleich ist. Der Gegenstand erscheint dadurch verkehrt. Dieses Fernrohr hat ein weit größeres Gesichtsfeld, als das vorige, und man bedient sich desselben zum astronomischen Gebrauche. Man sieht dadurch die Gegenstände so oft vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Es seyen (Fig. 121.) MN ein convexes Objectivglas und PQ ein convexes Ocular von einer kürzern Brennweite, auf einerley Achse so gestellt, daß sie um die Summe ihrer respectiven Brennweiten Do + Ko von einander entfernt sind. Es sey hier ebenfalls das Object so weit entfernt, daß die von seinen sichtbaren Punkten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. O und B seyen der mittelste und unterste Punkt des Objects, und AD und BD die Achsen der davon auf das Objectivglas MN fallenden Strahlencylinder. Die respectiven Strahlen dieser Strahlencylinder werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, laufen im Brennpunkte des Glases MN zusammen, und machen also in bo das umgekehrte Bild des Gegenstandes Ab. Da oK zu gleicher Zeit die Brennweite der Linse PQ ist, so werden die in b und o wieder divergirend auslaufenden Strahlen durch die Brechung in der Linse zu parallelen, die sich nachher wieder unter dem Winkel PFK = bKo schneiden. Das in F befindliche Auge sieht nun nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild des Gegenstandes, und zwar unter dem Winkel bKo. Es läßt sich nun wieder wie vorher (§. 795. Anm.) zeigen, daß sich der Winkel bKo, unter dem das Bild des Gegenstandes vermittelst des Perspectivs gesehen wird, zu bDo (= ADB), unter dem das Object AB von dem bloßen Auge in D gesehen werden würde, verhalte wie Do : Ko, d. i., wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars; oder daß der Gegenstand so vielmal vergrößert erscheine, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Da das Bild, welches das Auge durch dieses Fernrohr wahrnimmt, gegen den Gegenstand, mit dem bloßen Auge gesehen, eine umgekehrte Lage hat, so sieht man leicht, daß man die Gegenstände durch dieses Fernrohr verkehrt wahrnehmen müsse.

§. 797. Die dritte und gewöhnlichste Art ist das Erdrohr (Tubus terrestris), dessen Erfindung dem Pater Rheita zugeschrieben wird. Es besteht gewöhnlich aus drey convexen Oculargläsern von kürzer Brennweite, und einem convexen Objective von längerer Brennweite. Die Entfernung des Objectivglases vom nächsten Oculare ist der Summe ihrer Brennweite gleich, und auch so die Entfernung der Oculare von einander. Man sieht den Gegenstand durch dieses Erdrohr aufrechts, und eigentlich wird das verkehrte Bild des Gegenstandes, das man beym Sternrohre sieht (§. 796), durch das zweyte Ocular wieder aufrechts gebracht. Wenn die Oculargläser, wie gewöhnlich, gleiche Brennweite haben, so wird die Vergrößerung, wie bey den vorigen Fernröhren, gefunden, wenn man die Brennweite des Objectivs durch die Brennweite eines Oculars dividirt. Man hat auch Erdröhre mit ungleichen, deßgleichen mit vier und fünf Ocularen. Ihr Vorzug ist ein etwas vergrößertes Gesichtsfeld.

Wenn zu den Gläsern MN und PQ des Sternrohres (Fig. 121.) noch zwey andere convexe, RS und TV (Fig. 122.), so gefügt werden, daß diese letztern um die Summe ihrer Brennweite von einander abstehen: so werden die parallelen Strahlen, die aus PQ herausfahren und sich in F schneiden, durch die Brechung in RS wieder zu convergirenden werden, und in der Brennweite von RS das Bild $\alpha\beta$ hervorbringen, das gegen das in bo verkehrt, und also wiederum so, wie der Gegenstand, steht. Da die von α und β divergirend auf TV fallenden Strahlen aus dem Brennraum dieser Linie kommen, so werden sie wieder zu parallelen, und das Auge sieht dadurch das Bild $\alpha\beta$ des Gegenstandes OB deutlich, und zwar in derselben Stellung, als den Gegenstand.

§. 798. Kurzsichtige müssen bey allen diesen Fernröhren die Oculargläser dem Objective näher bringen, um die sonst parallel auslaufenden Strahlen als divergirend auf das Auge zu empfangen.

§. 799. Außer der Unvollkommenheit, welche diese Werkzeuge durch die Abweichungen der Strahlen wegen der

Gestalt des Glases (§. 709. 794.) erhalten, besitzen sie eine noch weit erheblichere, die von der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen herrührt (§. 727.), und welche zur Folge hat, daß das Bild des Objects mit farbigen Rändern und überhaupt undeutlich erscheint. Man suchte sonst diesen Fehler dadurch zu vermindern, daß man Objective von sehr langen Brennweiten anwendete, und mußte deßwegen die Fernröhre sehr lang machen; allein die Undeutlichkeit wird dessen ungeachtet dadurch nicht gänzlich gehoben.

§. 800. Im Jahre 1747 kam Euler auf den Gedanken, den Fehler der dioptrischen Fernröhre, der von der Abweichung der Strahlen wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit herrührt, dadurch zu heben, daß man das Objectiv aus zweyerley durchsichtigen Materien zusammensetze, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, so daß die eine die farbigen Strahlen wieder vereinigte, welche die andere trennte. Newton hatte diesen Fehler für unverbesserlich gehalten, und deßhalb die nachher anzuführenden reflectirenden Telescope angegeben. Johann Dollond behauptete zwar erst den Newtonischen Satz gegen Eulern; allein er fand nachher doch, nachdem besonders Klingenstierna Newtons Satz näher geprüft hatte, daß er geirrt habe, und war der Erste, der ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr zu Stande brachte. Die Einrichtung dieser Fernröhre hat nachher theils er selbst, theils sein Sohn ansehnlich verbessert, und sie führen auch noch nach ihm den Namen der Dollondschen Fernröhre.

Is. Newton optice, L. I. P. II. pr. 8. S. 106. Sur la perfection des verres objectifs des lunettes, par Mr. *Euler*; in den *Mém. de l'acad. roy. des sciences de Prusse.* 1747. S. 274. Anmerkung über das Gesetz der Brechung der Lichtstrahlen von verschiedener Art, wenn sie durch ein durchsichtiges Mittel in verschiedene andere übergehen; von Sam. Klingenstierna; in den schwed. Abhandl. vom J. 1758. S. 300. An account of some experiments concerning the different refrangibility of light, by *John Dollond*; in den *philosophic. transact. Vol. L.* S. 733.

§. 801. Die Möglichkeit achromatischer Fernröhre, oder vielmehr die Möglichkeit, den Fehler der Glaslinsen, der von der verschiedenen Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des Lichts entspringt (§. 727.), zu heben, beruhet auf dem oben (§. 733.) angeführten Satze: daß die Farbenzerstreuung bey der Brechung in verschiedenen durchsichtigen Mitteln nicht im Verhältnisse der brechenden Kraft derselben ist. Dollond fand bey seinen Versuchen, daß zwey Sorten in England gemachten Glases, Crownglas und Flintglas, zwar ziemlich gleiche Brechkraft besaßen, indem bey ersterm der Brechungssinus für die aus dem Glase in die Luft einfallenden Strahlen sich zum Einfallssinus verhielt wie 154 zu 100, bey letzterm wie 153 zu 100; daß aber dagegen die Farbenzerstreuung im Crownglase sich zu der im Flintglase verhielt beynahe wie 2 zu 3. Er ersah hieraus, daß, wenn diese Glasarten gehörig mit einander verbunden würden, man sowohl in Kugelflächen als dreyseitigen Prismen eine Strahlenbrechung zuwegebringen könnte, ohne daß sich das heterogene Licht von einander absonderte, und mithin, wider Newtons Meinung, sowohl rothe als violette Strahlen in einer gemeinschaftlichen Richtung ohne alle Spaltung aus dem Glase herausgehn könnten; und daß also zwey aus jenen verschiedenen Glasarten gemachte Linsen ein zusammengesetztes Objectivglas geben könnten, welches den aus dem Brechungsunterschiede des farbigen Lichts herkommenden Fehler gänzlich verbesserte.

§. 802. Um dieß noch mehr zu erklären, setze man, daß zwey dreyseitige Prismen, eines aus gemeinem Glase, das andere aus Flintglase (§. 801.) gemacht seyen, und daß jenes für jeden Grad, um welchen es die rothen Strahlen bricht, die violetten um 2 Minuten mehr, dieses aber für jeden Grad, um welchen es die rothen bricht, die violetten um 3 Minuten mehr breche. Ferner sey der brechende Winkel des Prisma aus gemeinem Glase etwas größer, als des aus Flintglase, so daß, wenn das rothe Licht durch

sinen um 6 Grade abwärts gebrochen wird, es durch diesen, der sich in entgegengesetzter Stellung befinden muß, um 4 Grade abwärts gebrochen werde. Man wird nun leicht einsehen, daß die violetten Strahlen im erstern Prisma um 6 Gr. 12 Min. herab, im zweyten um 4 Gr. 12 Minuten hinauf gebrochen werden müssen, und daß sie also bey dem Austritte aus dem letztern noch um 2 Gr. abwärts gebrochen bleiben, also gerade um so viel, als es bey den rothen Strahlen der Fall ist; daß folglich sowohl rothe als violette Strahlen unter einem gleichen Neigungswinkel von 2 Graden ausfahren, ohne sich folglich zu zerspalten; und daß mithin zwar die Farbenzerstreuung, aber nicht die Brechung selbst, aufgehoben werde.

§. 803. Wenn nun zwey Glaslinsen, eine erhabene aus Crownglase, und eine hohle aus Flintglase, zusammen ein Objectivglas ausmachen, so kann man sie füglich als zwey in entgegengesetzter Stellung der brechenden Winkel auf einander liegende Prismen betrachten; und es wird sich in denselben die Strahlenbrechung auf gleiche Weise verhalten, oder die Farbenzerstreuung wird aufgehoben werden, ungeachtet die Brechung des Lichts beym Ausgange noch verbleibt, wenn nur die Brennweiten der Gläser das dazu nöthige Verhältniß haben. Ja, durch eine richtige Wahl ihrer Krümmungshalbmesser kann selbst die Abweichung wegen der Kugelgestalt fast ganz vernichtet, und so ein höchst deutliches Bild erhalten werden.

Roger. Jos. Boscovich Abhandlung von den verbesserten dioptrischen Fernröhren. Wien 1765. 8.

„Priestley's Geschichte der Optik, übersetzt von Klügel. Leipzig 1776. S. 339 ff. F."

§. 804. Die wesentliche Einrichtung dieser achromatischen Fernröhre ist also, daß das Objectiv aus zwey ganz nahe zusammengestellten Linsen von sogenannten Crownglase und Flintglase zusammengesetzt wird. Hinter die biconvexe Linse nehmlich aus Crownglase wird eine biconcave Linse aus Flintglase gesetzt. Man macht das Objectiv auch noch voll-

kommener dreyfach, aus zwey converen Linsen aus Crownglase und einer dazwischen befindlichen biconcaven aus Flintglase. Diese Objective vertragen eine weit stärkere Vergrößerung, als die einfachen, und brauchen eine viel kürzere Brennweite zu haben. Das Flintglas hat seine starke zerstreuende Kraft wohl vom beygemischten Bleyoxyde; nur hält es schwer, dieses Glas vollkommen klar und ohne Streifen und Wellen zu erhalten.

Von der Theorie der achromatischen Fernröhre sehe man: Mémoire sur les moyens de perfectionner les lunettes d'approche par l'usage d'objectifs composés de plusieurs matières différemment réfringentes, par Mr. *Clairaut*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1756. S. 580. Second Mémoire, ebendas. 1757. S. 524. *Sam. Klingenstierna* tentamina de definiendis et corrigendis aberrationibus luminis in lentibus sphaericis refracti, et de perficiendo telescopio dioptrico, Petrop. 1762. gr. 4. Nik. Fuß umständliche Anweis., wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen sind, aus d. Franz. von Georg Sim. Klügel, Leipzig 1778. 4. *Klügel* nova constructio lentis objectivae duplicatae ab aberratione radiorum prorsus liberae; in den Götting. gel. Anzeigen 1796. St. 47. S. 465. „Vor allen aber: *L. Euleri* Dioptrice, Petropoli 1770. 1771. 3 T. 4., u. Klügels analytische Dioptrik Leipzig 1778. 4. F."

„Brewster benutzt statt des Flintglases Hohllinsen mit Kohlenstoffreichen ätherischen Oelen, z. B. Zimmtöl zu achromatischen Gläsern. — Bleyauflösungen wirken ebenfalls analog jenen Oelen. Kr."

§. 805. Da das von Spiegelflächen zurückstrahlende weiße Licht nicht in Farben zerstreuet wird, und also dadurch nicht die erwähnte Undeutlichkeit des Bildes entsteht, so veranlaßte dieß Newton, den Gedanken, den schon Jacob Gregory, und vielleicht noch früher Mersenne gehabt hatte, anstatt des Objectivglases im Fernrohre einen Hohlspiegel zu gebrauchen, besonders zu benutzen. Diese Art der Fernröhre (§. 793.) führt den Namen der Spiegeltelescope (Tubi reflectentes).

§. 806. Die erste Art, das Newtonsche Spiegeltelescop (Tubus Newtonianus), besteht aus einem Hohlspiegel, der in ein Rohr so eingesetzt ist, daß das andere Ende desselben der Spiegelfläche gegenüber offen ist,

welches nach dem Gegenstande zu gerichtet wird. Die Achse des Spiegels fällt mit der Achse des Rohrs zusammen. Die vom Hohlspiegel convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem kleinen Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen die Achse des Rohrs befestigt ist, noch ehe sie in dem Brennpunkte zusammentreffen, aufgefangen, und von demselben nun nach einer auf der Achse des Rohrs senkrechten Richtung nach dem zur Seite in dem Rohre befindlichen Oculare zurückgeworfen, in dessen Brennweite sie sich vereinigen und ein Bild machen. Weil man dieserhalb zur Seite in das Fernrohr hineinsieht, so ist auswendig mit der Achse desselben parallel ein kleines Fernrohr, der Finder, durch welches man erst den zu betrachtenden Gegenstand sucht. Durch dieses Newtonsche Spiegelteleskop sieht man den Gegenstand verkehrt, und so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Hohlspiegels enthalten ist.

In dem Rohre GHIN (Fig. 123.), das bey GN offen, und bey HI verschlossen ist, steht der sphärische Hohlspiegel DC. Es sey die Mündung GN des Rohrs einem Gegenstande zugerichtet, der so weit entfernt ist, daß die von einzelnen Punkten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. So kommen nun von des Objects mittelsten Punkte der Strahlencylinder OO, und von dem untersten der Strahlencylinder BB. Die auf den Spiegel fallenden Strahlen OD, OC würden durch Reflexion das Bild des Punktes O in o in des Spiegels Achse machen, und die Strahlen BD und BC das Bild des Punktes B in b. Allein ehe sie zu einem Bilde zusammentreffen, werden sie von dem unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Spiegels gezeigten kleinen Planspiegel TV aufgefangen, und nach dem Seitenrohre RS zu geworfen. Da hierbey die Convergenz der Strahlen nicht vermehrt noch vermindert wird, so kommt die Spitze b des Strahlenkegels DbC nach β, und die Spitze o des Strahlenkegels DbC nach ω, und ωβ ist also das Bild des entfernten Gegenstandes OB. Die von ωβ ausfahrenden divergirenden Strahlen treffen auf die convexe Linie t, und werden durch die Brechung darin unter sich und mit βt parallel, und schneiden die Achse in K. Das Auge in K sieht also das Bild des Gegenstandes deutlich, und zwar unter dem Sehewinkel $\beta t\omega = bto$.

Wenn nun das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand für sich unter dem Winkel $ODB = bDo$ wahrnehmen. Da die Winkel bto, bDo klein sind, so ist $bto : bDo = \frac{bo}{to} : \frac{bo}{Do} = Do : to = Do : t\omega$.

Der Sehewinkel vom Bilde ωβ verhält sich demnach zum Sehewinkel

des Gegenstandes OB, mit bloßen Augen betrachtet, wie die Brennweite DO des Hohlspiegels zur Brennweite to des Oculars; oder der Gegenstand wird so vielmal vergrößert wahrgenommen, als die Brennweite des Oculars in der des Hohlspiegels enthalten ist.

Da nähere Gegenstände einen längern, weitere einen kürzern Focum haben, so müssen der kleine Planspiegel TV und das Ocular einander mehr genähert oder von einander mehr entfernt werden können.

Uebrigens sieht man leicht, warum man in diesem Telescope den Gegenstand verkehrt wahrnehmen müsse.

Newton optice, p. 90.

§. 807. Bequemer für irdische Gegenstände ist die zweyte Art, das Gregory'sche Spiegeltelescop (Tubus Gregoryanus), dem Dr. Hook besonders diese Einrichtung gegeben hat. Es ist nehmlich, wie bey dem vorigen (§. 806.), ein Hohlspiegel in dem Rohre befestigt, der in der Mitte eine runde Oeffnung hat. Die von demselben convergirend zurückprallenden Strahlen werden von einem viel kleinern Hohlspiegel, der in einer der Summe der Brennweiten beyder Spiegel gleichen Entfernung in der Achse des Rohres befestigt ist, aufgefangen, und als paralele durch die Oeffnung des größern Spiegels nach dem ersten Oculare zu geworfen, durch welches das umgekehrte Bild des Gegenstandes wieder aufrecht gebracht, und durch das zweyte Ocular in dieser Stellung gesehen wird. Dieses Telescop hat also die Aehnlichkeit mit dem dioptrischen Erdrohre (§. 797.)

In dem Rohre GHNI (Fig. 124.) sey der in der Mitte mit einer kreisrunden Oeffnung versehene Hohlspiegel DC befindlich. Er reflectirt die Strahlen OD, OC, die von einem obern Punkte des sehr entfernten Objects kommen, und die Strahlen BD, BC, die von des Objects unterstem Punkte kommen, dergestalt, daß das umgekehrte Bild ob des Objects OB hervorgebracht wird. In dem Rohre ist ein anderer kleiner Hohlspiegel TV. Ist dieser vom Bilde bo nicht so weit entfernt, als die Brennweite desselben beträgt, so werden die von bo ausgehenden divergirenden Strahlen von ihm als convergirend zurückgeworfen, und machen wiederum ein Bild in ωβ, das einerley Stellung mit dem Objecte hat. Die von ωβ divergirend ausfahrenden Strahlen werden durch die Brechung in der convexen Linse LM zu parallelen, und durchkreuzen sich als solche in K, wo sie das Auge empfängt und dadurch das Bild ωβ deutlich sieht.

Wenn der kleine Hohlspiegel TV um seine Brennweite von bo absteht, so werden die davon zurückgeworfenen Strahlen zu parallelen, und durch die Brechung in der Linse LM zu convergirenden. Sie machen

hier ein Bild des Gegenstandes, das mit ihm einerley Stellung hat. Treffen nun die divergirenden Strahlen dieses Bildes wieder auf eine zweyte erhabene Linse, die von der vorigen um die Summe der Brennweite absteht, so werden sie dadurch zu parallelen, und das Auge sieht dadurch, wie beym Erdrohre, das Bild deutlich.

Jac. Gregorii optica promota. Lond. 1663. 4.

§. 808. Die dritte Art dieser katoptrico-dioptrischen Fernröhre ist das Cassegrainsche Spiegeltelescop, das dem Gregory'schen (§. 807.) ganz ähnlich ist, nur daß die vom größern Spiegel convergirend reflectirten Strahlen statt eines Hohlspiegels von einem kleinen erhabenen Spiegel reflectirt werden, noch ehe sie in ihrem Brennpunkte zusammenkommen, und zwischen beyden ein verkehrt liegendes Bild durch das convexe Ocularglas gesehen wird.

§. 809. Die Spiegeltelescope waren vorzüglich beliebt, ehe die achromatischen Fernröhre erfunden waren. Sie können weit kürzer seyn, als ein gemeines dioptrisches von gleicher Güte. Aber ihre Spiegel müssen auch mit außerordentlicher Genauigkeit gearbeitet werden; auch laufen diese an der Luft leicht an, und werden unscheinbar. Gläserne Spiegel kann man wegen der doppelten Bilder, die sie machen, nicht dazu brauchen. Das Platin würde auch hier wieder die entschiedensten Vorzüge haben. Herschel hat die Spiegeltelescope zu einem ganz außerordentlichen Grade der Vollkommenheit gebracht, und sie von ungemeiner Größe ausgeführt. Schrader hat ihm darin mit glücklichem Erfolge nachgeeifert. Bey diesen größern Telescopen ist der Fangspiegel, der sich im Newtonschen (§. 806.) findet, weggelassen, und der Beobachter sieht von vorn in das Rohr.

Nachricht von dem großen Herschelschen Spiegeltelescope sehe man in Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Physik B. V. St. 1. S. 108.; Bodens astronom. Jahrb. 1790.; Gehler's phys. Wörterb. Th. IV. S. 148.

Nachricht von Herschel's vierzigfüßigem Telescope; in Gren's neuem Journ. der Physik, B. III. S. 468 ff.

„Nachricht von den berühmten Werkstätten in Benediktbeuern, insbesondere von dem optischen Institute lieferte Zschokke in Gilbert's Ann. LIX. S. 196. Kr."

§. 810. Noch sind hier einige optische Fragen zu beantworten, die in dem Vorhergehenden keinen schicklichen Platz finden konnten.

1) Was ist die Ursach der Strahlungen, die wir an einer Lichtflamme wahrnehmen, wenn wir sie mit blinzenden Augen betrachten? Da die bemerkbarsten Strahlungen diejenigen sind, welche von unten divergiren, und wovon jede mit einer Verticallinie einen Winkel von etwa 7 Grad bildet; und da dieser Winkel dem gleich ist, welchen die Ränder der Augenlieder beym Schließen mit einer Horizontallinie machen; so ist es nach Young offenbar, daß diese Strahlungen durch Reflexion des Lichts von diesen flachen Rändern der Augenlieder hervorgebracht werden. Die Seitenstrahlungen werden durch dasjenige Licht bewirkt, welches von den Seitentheilen des Pupillenrandes reflectirt wird, während der obere und der untere Theil der Pupille durch die Augenlieder bedeckt sind.

2) Wodurch scheinen Funken zu entstehen, wenn das Auge im Dunkeln gedrückt oder gerieben wird? Ein breiter Druck, wie der vom Finger, auf den opaken Theil des Auges im Finstern, verursacht ein kreisförmiges Spectrum an der Stelle, welche der gedrückten gegenüber ist; das Licht des Discus ist schwach, das des Umkreises stärker. Wird hingegen eine schmale Fläche zum Drucke angewendet, wie der Knopf einer Stecknadel oder der Nagel, so ist das Bild schmal und hell. Offenbar rührt dieß, nach Young, von der Reitzung der Netzhaut am gedrückten Theile her; und das Gemüth bezieht sie auf die Stelle, von welcher Licht, das durch die Pupille käme, auf diesen Fleck fallen würde. Weil die Reizung am Umkreise der niedergedrückten Stelle, wegen der größern Dehnung, am größesten ist, so ist auch hier die Erscheinung am lebhaftesten. Wenn das Auge zu gleicher

Zeit wirkliches Licht empfängt, so ist nur der Umkreis leuchtend, der Discus aber dunkel; und wenn das Auge an dem Theile, wo das Bild erscheint, ein Object sehen würde, so wird dieß ganz unsichtbar und verschwindet. Es verwischt also die stärkere Reizung durch Druck die schwächere durch wirkliches Licht. Wenn der vordere Theil des Auges zu wiederholten Malen gedrückt wird, so daß dadurch eine Art von schmerzhafter Empfindung veranlaßt wird, und ein fortdauernder Druck auf die Sclerotica Statt findet, während ein ununterbrochener Druck auf die Hornhaut gemacht wird: so nehmen wir gemeiniglich leuchtende, ästige Linien wahr, die einigermaaßen unter einander verbunden sind, und von jedem Theile des Gesichtsfeldes gegen ein Centrum, das etwas mehr nach außen und höher als die Augenachse liegt, zuschießen. Wahrscheinlich wird hier eine ungleiche Bewegung der verschiedenen Stellen der Netzhaut, und mithin Reizung derselben, hervorgebracht, die das Urtheil erzeugt, das sonst mit der Reizung von wirklichem Lichte verknüpft ist.

Thom. Young oben (§. 785.) angef. Abhandl.

Nähere Untersuchungen über die Mischung und Entwickelung des Lichts, und seine Verbindung mit Wärmestoff, als Feuer.

§. 811. Die Lehre, nach welcher das Licht als eine eigenthümliche Materie, die von den leuchtenden oder erleuchteten Körpern ausgeht, und in wirklich progressiver Bewegung fortgepflanzt vorgestellt wird, heißt das Emanationssystem (besser die Emanations-Hypothese), dem man die Lehre entgegensetzt, nach welcher das Licht zwar auch von einer eigenthümlichen Materie herrühren soll, die man Aether nennt, doch aber so, daß das Licht nur von

einem gewissen Zustande dieses allenthalben verbreiteten Aethers, nehmlich von einer schwingenden Bewegung desselben, herrühre (Vibrations-Hypothese). Die Gründe, welche sich gegen die Erklärungen der Phänomene des Lichts, nach letzterm Systeme machen lassen, sind von der Art, daß sich darauf keine befriedigende Antwort geben läßt.

Das Emanationssystem hat erst, seitdem es Newton zum Grunde legte und seine herrlichen Entdeckungen in der Lehre vom Lichte darauf bauete, sein großes Ansehen erhalten. Schon bey den Alten war die Meinung herrschend, daß das Licht ein Ausfluß eines materiellen Wesens sey; Epikur, Empedokles und die Corpuscularisten überhaupt nahmen sie an, und machten daraus Erklärungen des Sehens, die aber freylich das Gepräge der gänzlichen Unbekanntschaft mit dem Phänomenen des Lichtes, die uns die Experimentaluntersuchungen späterer Zeiten gelehrt haben, an sich tragen. Aus einer falsch verstandenen Stelle des Aristoteles (*De mente* II. 7) nahmen die Scholastiker Anlaß, das Licht für unkörperlich, für eine bloße Qualität zu erklären. Ihre Gründe waren: 1) weil man sonst einen leeren Raum in der Natur annehmen müsse; 2) weil die Luft von Finsterniß zum Lichte komme, ohne bemerkbare Theilung, ohne irgend eine Bewegung; 3) weil das Licht vom härtesten Krystalle, vom Wasser, und dergleichen durchsichtigen Körpern, aufgenommen werde, und also an einem und eben denselben Orte mit diesen Körpern sey: Est ergo Accidens receptum in corpore, in quo aliud omnino corpus admitti non potest; 4) weil, wenn das Licht Substanz wäre, seine augenblickliche Verbreitung nicht begriffen werden könnte. Andere Gründe waren von der bey der Materialität des Lichts entstehenden Hemmung und Hinderung der leuchtenden Ströme in ihrer Bewegung, von der daraus folgenden Verminderung der Sonnenmasse, von der Unermeßlichkeit der Ausflüsse, die davon Statt finden müßten, hergenommen. Einige dieser Gegengründe müssen von selbst wegfallen, andere werden nachher näher beantwortet werden. Cartesius (*Princip. philosoph.* P. III. §. 56. 63. 64. *Dioptrica*, §. 3. 4. ff.) hielt das Licht für den Impulsus der Materie seines zweyten Elements, der von der schnellen Bewegung eines leuchtenden Körpers herrühre. Durch die schnelle und heftige Bewegung der Theilchen des ersten und feinsten Elements würden die harten Kügelchen des zweyten Elements von allen Seiten gedrückt und gestoßen, und es pflanze sich dieser Stoß im Momente, ohne Zeit, durch alle geradlinigen Reihen dieser Kügelchen fort. Diesem Systeme steht entgegen: daß die Fortpflanzung des Lichts nicht instantan ist; daß sich daraus nicht einsehen läßt, warum z. B. das dichtere Glas durchsichtig, das lockere Papier es nicht ist; daß nach dieser Hypothese folgen würde, daß nirgends Finsterniß seyn könne, indem sich der Impulsus der Kügelchen des zweyten Elements nach allen Richtungen fortpflanzen würde; und endlich, daß das Daseyn dieses Elements ganz nur fingirt, nicht erwiesen ist. Huyghen's suchte dieses Cartesianische System dadurch zu verbessern (*Traité de la lumière*, à Leide 1690. 4.), daß er der Materie, von deren Impulsus die Empfin-

pflanzung des Lichts abhänge, und der er den Namen Aether giebt, Expansibilität zuschreibt, und die Fortpflanzung des Lichts in derselben durch wellenförmige Bewegung, oder Wirbel, welche jedes von dem leuchtendem Körper bewegte Theilchen um sich her errege, erklärt. Diese Huyghensche Meynung hat Euler (*Nova theoria lucis et colorum*; in seinen *opusc. varii argumenti*, Berol. 1746. S. 169 ff. und *Lettres à une Princesse d'Allemagne*, T. I. L. 17 — 31.) seiner so berühmt gewordenen Hypothese zum Grunde gelegt und dem Gebäude durch seine scharfsinnigen Berechnungen und seine fruchtbare Anwendung sehr viele Liebhaber erweckt. Er nimmt an, daß eine höchst subtile und expansible Materie, oder der Aether, im Weltraume ausgebreitet sey. Dieser Aether ist, seiner Berechnung zu Folge, 387361000mal dünner, als die Luft; seine Expansibilität aber ist 1287mal größer, als die Luft. Leuchtende Körper sind solche, deren Oberfläche in einem schnellen Zittern ihrer Theilchen ist, die dadurch den berührenden Aether eben so bewegen, wie die schallenden Körper durch ihre Schwingungen die Luft. Die Pulsus des Aethers pflanzen sich nach allen Seiten zu fort, wie die Radii einer Sphäre von ihrem Mittelpunkte. Die Succession dieser Schläge in einer und derselben geraden Linie macht den Lichtstrahl aus. Durchsichtige Körper sind solche, deren Substanz diese Schläge selbst fortpflanzt; spiegelnde Körper sind solche, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Pulsus desselben unter dem Reflexionswinkel zurücksenden. Euler bestreitet zur Begründung seiner eigenen Hypothese das Newtonsche Emanationssystem mit folgenden Gründen: 1) Wenn sich die Natur nur bey geringen Distanzen der Ausflüsse bedient, z. B. beym Geruche, um die Empfindungen zu erregen, bey weitern Distanzen hingegen, wie zur Fortpflanzung des Schalles, keine solchen Ausflüsse braucht, so muß sie auch, um noch entferntere Dinge dem Gesichte empfindbar zu machen, diese andere Fortpflanzungsart gewählt haben. — Ich muß gestehen, daß ich die Bündigkeit des Schlusses von dem Warum auf das Wie nicht gehörig einsehe; auch dürfen in der Naturlehre keine Erklärungen aus Zwecken geführt werden. 2) Beym Emanationssystem müßten die Himmelsräume mit der Materie des Lichts so angefüllt seyn, und diese müßte mit einer so großen Geschwindigkeit bewegt werden, daß das durch die Planeten in ihrem Laufe gestört werden würden. — Allein nicht zu gedenken, daß ein Theil dieses Einwurfs auf die Eulersche Hypothese selbst zurückfällt, so verschwindet derselbe ganz, wenn man erwägt, daß in einer expansibeln, nicht schweren Flüssigkeit, wie das Licht ist, die Verschiebung seiner Theile kein Hinderniß der Bewegung eines Körpers darin seyn könne 3) Die unzähligen Lichtstrahlen müßten sich nach so vielen Richtungen durchkreuzen, daß sie durch ihren Anstoß an einander sich in ihren Bewegungen nothwendig hemmen und stören würden. — Der Einwurf fällt weg, sobald man das atomistische oder mechanische System nicht zum Grunde des Emanationssystems zu legen braucht. 4) Die Sonne müßte durch den beständigen Ausfluß der Lichtstrahlen von derselben einen Abgang ihrer Masse erleiden, und wenn diese Verminderung der Sonne noch 5000 Jahre unmerklich seyn sollte, so müßte die Dichtigkeit der Lichtstrahlen an der Erde eine Trillion mal geringer seyn, als die Dichtigkeit der Sonne; welches unbegreiflich sey. — Hierauf aber läßt sich doch wohl antworten, daß durch einen uns unbekannten Kreislauf das Licht wieder zur Sonne,

als seiner Quelle, gebunden oder frey zurückkehren kann, um als freyes Licht von da wieder ausgesendet zu werden. Die Dünne des Lichts, die Euler berechnet, kann auch noch geringer seyn, ohne daß sie deßwegen einen Widerspruch in sich selbst enthielte. Eine gleiche Bewandtniß hat es 5) mit der unbegreiflichen Geschwindigkeit, die, nach dem Emanationsysteme, das Licht in seiner Bewegung haben müßte. Endlich 6) der Einwurf, daß die durchsichtigen Körper alle nach geradlinigen Gängen so durchbohrt seyn müßten, daß für die undurchdringliche Materie derselben kein Raum übrig bleibe, ist ebenfalls wieder von einer bloß atomistischen Vorstellungsart hergenommen, und kann bey der Annahme einer chemischen Durchdringung ganz und gar nicht Statt finden. — Dagegen läßt sich auf der andern Seite gegen die Eulersche Hypothese vom Aether selbst anführen: 1) Daß dabey ein Wesen angenommen wird, dessen Daseyn ganz nur fingirt, nicht erwiesen ist, und dessen Existenz sogar nicht einmal möglich ist. Denn, wenn er ein elastisches oder expansibeles Fluidum bildete, das nicht schwer ist und auch von keiner andern Materie angezogen wird, so müßte er sich durch seine Repulsionskraft ins Unendliche zerstreuen, d. h., es würde nirgends ein endliches Quantum desselben angetroffen werden, weil nichts ist, was seiner Ausspannungskraft Gränzen setzen könnte. Sollte er aber ein schweres ausdehnsames Fluidum bilden, wie die Luft, so würde freylich seine Beschränkung möglich seyn; dann würden wir aber sein Daseyn durchs Gewicht entdecken müssen, und davon lehren uns die Erfahrungen nichts. 2) Das Licht breitet sich ganz anders aus, als die Schallwellen: denn das Sonnenlicht, das durch eine Oeffnung in ein finsteres Zimmer fällt, müßte nicht bloß in der geraden Linie, die sich von der Sonne durch die Oeffnung ziehen läßt, sondern an allen Orten im Zimmer gesehen werden, so wie man den Schall vor der Oeffnung außer dem Zimmer an allen Stellen hört.

„Die Sichtbarkeit der Körper ist eine Wirkung des Lichtstoffs; er selbst zeigt sich keinem unserer Sinne als ein Object. Alle Grübeleyen über seine Natur sind Grübeleyen über etwas, was wir nicht wahrnehmen können, und wozu es vielleicht in dem ganzen Umfange unsers Vorstellungsvermögens eben so wenig ein passendes Bild geben mag, als im Vorstellungsvermögen des Blindgebornen ein passendes Bild für die Farbe vorhanden ist. Auch liegt es in der Geschichte der Wissenschaft vor Augen, daß die sinnreichsten Speculationen über die Natur des Lichts die Wissenschaft nicht um ein Haar breit vorwärts gebracht haben. Nicht Eulers sinnreiche Aufstutzung der Vibrations-Hypothese, sondern seine Dioptrik, in welcher vom Anfange bis zu Ende keine Sylbe von dieser Hypothese vorkommt, hat die neuere Epoche in der Optik begründet. Eben so wenig wurde die frühere Newtonsche Epoche durch die Emanations-Hypothese herbeygeführt, oder nur befördert. Man thut sogar Unrecht, wenn man Newton selbst als den Urheber derselben ansieht: denn den Ausdruck „emanare", den er oft vom Lichte braucht, kann auch ein Anhänger der Vibrations-Hypothese brauchen, ausgeführt aber hat er selbst diese Hypothese nie; am allerwenigsten kann man sagen, Newton habe sie bey seinen Erklärungen zum Grunde gelegt, und seine Optik darauf gebauet. Dergleichen Hypothesen Theorien, oder auch Systeme nennen zu hören, muß jedem unerträglich seyn, der sich an deutliche und bestimmte Begriffe gewöhnt hat. Aller Werth,

den man einer solchen Hypothese einräumen kann, besteht darin, daß sie irgend ein Gesetz, nach welchem das Licht wirkt, an ein faßliches sinnliches Bild anknüpft. Von dieser Seite hat die Emanations-Vorstellung wegen ihrer großen Einfachheit einen unläugbaren Vorzug vor der Vibrations-Vorstellung, indem sie jedem mechanischen Gesetze des Lichts, für geradlinige Bewegung, für Brechung, für Zurückstrahlung, für Zerstreuung, für Beugung, ein deutliches Bild darbietet. F."

§. 812 Der Zustand der Körper, worin sie leuchten, ist sehr häufig mit dem verbunden, worin sie erwärmen; oder Licht und Wärmestoff sind sehr häufig mit einander vereinigt. Diese Verbindung des Lichts mit Wärmestoff heißt Feuer, wie z. B. Sonnenfeuer, Küchenfeuer.

1) Aus der sehr oft Statt findenden Coexistenz des Lichts mit Wärmestoff folgt aber nicht ihre Identität, folgt nicht, daß auch der Wärmestoff die alleinige, objective Ursach des Leuchtens sey. Der Wärmestoff afficirt nur unser Gemeingefühl, das Licht nur unser Gesicht: beyde müssen also wesentlich verschieden seyn, wie es auch ihre übrigen Erscheinungen und die Gesetze sind, die sie befolgen. Wäre das Licht sehr verdichteter Wärmestoff, so müßte nach einer ganz natürlichen Folge bey jedem Leuchten eine hohe Temperatur zugegen seyn, wogegen doch die Erfahrung spricht. Das Licht aber sonst für eine Modification des Wärmestoffs erklären, ohne eine modificirende Ursach dazu anzunehmen, heißt, Wirkungen ohne Ursach behaupten.

2) Wir sehen, daß die Erleuchtung eines auch von undurchsichtigen Materien eingeschlossenen Raums aufhört, wenn die Lichtquelle darin verlischt, was nicht geschehen würde, wenn das Licht, das darin einmal verbreitet ist, diesen Raum fortdauernd als expansibles Fluidum erfüllte. Ferner lehren die im Vorhergehenden schon erwähnten Erfahrungen, daß von den verschiedenen Körpern nicht alle Arten des farbigen Lichts, die zusammen das weiße Licht machen, zurückgeworfen werden, und daß eben deßhalb Körper Farbe zeigen können. Endlich wissen wir, daß wir im Stande sind, Körper, die an sich nicht leuchtend sind, in den Zustand zu versetzen, Licht zu entwickeln, wie z. B. alle Brennmaterialien, wenn wir sie anzünden. Aus allem diesem folgt nun, daß das Licht und die verschiedenen Arten desselben auch in einem Zustande seyn können, worin sie nicht mehr eine expansible Flüssigkeit, und nicht mehr fähig sind, das Organ des Gesichts zu berühren.

3) Aus dem Umstande nun, der durch die in der Folge näher anzuführenden Erfahrungen bestätigt wird, daß in allen Fällen, wenn aus Körpern Licht entwickelt werden soll, durchaus ein gewisser Grad von Wärme nöthig ist, schließe ich, daß das Licht keine ursprünglich expansible Flüssigkeit, sondern daß seine Expansibilität eine vom Wärmestoffe abgeleitete oder mitgetheilte, oder daß das Licht aus einer, an sich nicht expansibeln, eigenthümlichen Basis und dem Wärmestoffe zusammengesezt sey.

4) Diese eigenthümliche Basis des Lichts, die in chemischer Vereinigung mit dem Wärmestoffe erst das Licht macht, und mit ihm eine specifisch verschiedene Materie constituirt, welche vermögend ist, das Organ des Gesichts so zu afficiren, wie es der Wärmestoff allein nicht zu thun im Stande ist, muß durch einen eigenen Namen unterschieden werden, und ich nenne sie Brennstoff oder Phlogiston.

5) Aus diesem Satze nun, daß das Licht eine aus Brennstoff und Wärmestoff zusammengesetzte Flüssigkeit sey, läßt sich eine Menge von Erscheinungen des Lichts und Feuers erklären, die sonst ganz unerklärt bleiben müßten.

6) Wenn aus der Zusammensetzung des Brennstoffes mit Wärmestoff ein für unser Gesichtsorgan bemerkbares leuchtendes Product entspringen soll, so muß ein gewisses quantitatives Verhältniß des erstern zum letztern in der Zusammensetzung Statt finden. — Es ist gleichwohl möglich, daß Wärmestoff, der nicht genug Brennstoff enthält, um vom menschlichen Gesichtsorgan noch als Licht empfunden zu werden, für andere Thiergattungen doch noch Licht ist.

7) Die verschiedenen Arten des farbigen Lichts, vom weißen bis zum violetten Lichte, rühren von dem verschiedenen Verhältnisse des Brennstoffes zum Wärmestoffe, nach unzähligen Abstufungen desselben, in der Zusammensetzung zum Lichte, her. Versuche, um dieses Mischungsverhältniß in dem farbigen Lichte des Prisma auszumitteln, hat Voigt angestellt.

Beobachtungen und Versuche über farbiges Licht, Farben und ihre Mischung, von Joh. Gottfr. Voigt; in Gren's neuem Journ. d. Phys., B. III. S. 235 ff.

8) Das Licht hört auf, vom Organe des Gesichts empfunden zu werden, nicht allein, wenn seine Intensität bis auf einen gewissen Grad abnimmt, sondern auch, wenn das Verhältniß des Brennstoffes zum Wärmestoffe darin bis auf eine gewisse Gränze vermindert worden ist, wo es sich uns dann bloß noch als reiner Wärmestoff offenbaren kann.

9) Das Licht kann ganz zersetzt und kann wieder zusammengesetzt werden; es kann ferner verändert werden, oder in eine andere Art des farbigen Lichts übergehen, wenn das Verhältniß seiner Bestandtheile geändert wird.

10) Das Licht wird zersetzt, wenn seine Basis durch Anziehung anderer Substanzen dagegen vom Wärmestoffe getrennt wird, und dieser folglich allein als reiner, freyer Wärmestoff übrig bleibt, der nicht mehr leuchtend ist.

11) Das Licht kann aber auch dadurch aufhören, leuchtend zu seyn, wenn es, ohne zersetzt zu werden, seiner ganzen Zusammensetzung nach durch Anziehung anderer Materien dazu, aufhört, expansible Flüssigkeit zu seyn, oder fixirt wird.

12) Wenn das Licht durch andere Materien, durch die Anziehung derselben dagegen, hindurchdringt, ohne in seiner Zusammensetzung aufgehoben oder verändert zu werden, so sind diese Materien durchscheinend oder durchsichtig und farbenlos.

13) Da aber diese farbenlosen durchsichtigen Materien gegen die specifisch verschiedenen Arten des farbigen Lichts nicht gleiche Anziehung besitzen, so verursachen sie auch eine Absonderung des farbigen Lichts aus weissem Lichte bey der Brechung (§. 752.)

14) Die Körper werfen das Licht zurück, das sie weder, durch ihre Anziehung zur Basis derselben, zersetzen (Anm. 10), noch sonst figiren (Anm. 11.), noch sonst unzersetzt, aus Mangel der Anziehung dagegen, durchlassen (Anm. 12.)

15) Nun läßt sich auch näher bestimmen, wie die Körper, der eben (Anm. 3 und 14.) angeführten Hypothese gemäß, Farben zeigen. Eine jede Art des farbigen Lichts setzt ein anderes Mischungsverhältniß seiner Bstandtheile oder Grundstoffe voraus (Anm. 7). Ein Körper erscheint daher gefärbt, ungeachtet er durch weißes Licht erleuchtet wird, wenn er die Zusammensetzung des Lichts, durch Anziehung eines Antheils der Basis desselben, nur zum Theil, nicht ganz aufhebt, oder dadurch das Mischungsverhältniß der Bestandtheile des Lichts abändert, und dieses so abgeänderte Licht reflectirt. Er erscheint z. B. roth, wenn er aus dem auf ihn fallenden weißen Lichte durch Anziehung zur Basis desselben so viel von letzterer trennt, daß das Verhältniß des noch mit dem Wärmestoffe verbundenen Antheils Brennstoff zu diesem, dem Wärmestoffe, in dem zurückstrahlenden Lichte sich so verhält, wie im rothen Lichte. Ein Körper ist schwarz, wenn er das auf ihn fallende Licht ganz zersetzt und alle Basis vom Wärmestoffe trennt, so daß dieser nur allein übrig bleibt.

16) Hiermit steht denn nun auch eine Thatsache in unmittelbarem Zusammenhange, daß nehmlich die verschiedentlich gefärbten Körper bey gleichem Einflusse des Sonnenfeuers darauf nicht gleich stark und schnell erwärmt werden. So ist es bekannt, daß schwarze und dunkel gefärbte Körper von den Sonnenstrahlen stärker erhitzt werden, als weiße und hellgefärbte derselbigen Art. Zwey harmonirende Thermometer, wovon die Kugel des einen durch Rauch geschwärzt worden, die des andern aber rein gelassen ist, den Sonnenstrahlen unter einerley Umständen ausgesetzt, werden nicht gleichförmig erhitzt werden; das geschwärzte wird eine höhere Temperatur anzeigen, als das reine. Versuche über diese ungleiche Erwärmung verschiedentlich gefärbter, und schwarzer und weißer Körper bey gleicher Intensität des darauf fallenden Sonnenfeuers, haben Muschenbroek, Franklin, Saussure und Picter angestellt. — Je mehr nehmlich die Körper durch ihre Anziehung zum Brennstoffe das Licht zersetzen, je mehr sondern sie reinen Wärmestoff aus dem Lichte ab, je mehr verändern sie seine Action, zu erleuchten, in die, zu erwärmen. Körper, durch welche das Licht ganz, ohne zersetzt zu werden, hindurchdringt, und die, welche es unzersetzt reflectiren, können daher nur in so fern erwärmt werden, als beym Lichte freyer Wärmestoff ist. — Die verschiedentliche Leitungskraft der verschiedenen Körper von einerley Farbe für den Wärmestoff kann übrigens die Resultate, von welchen hier die Rede ist, abändern. — *Muschenbroek* introd. ad philos. natural. T. II. §. 1620 ff. *Franklin* on philosophical subjects, S. 56. Pictets Vers. über das Feuer, §. 85. ff. Von Saussure's Reise durch die Alpen, Th. IV. §. 932. S. 109.

17) Das Feuer, es sey Sonnenfeuer oder Küchenfeuer, erhitzt demnach die seinem Einflusse ausgesetzten Körper nicht allein nach Maaß-

gabe des freyen Wärmestoffes, der dabey ist, sondern auch nach Maasgabe der stärkern oder schwächern Zersetzung seines Lichts, die es von diesen Körpern erleidet; und man sieht leicht, daß die Erhitzung auf letztere Weise von der Natur der Körper oder von ihrer Anziehung zur Basis des Lichts abhängig ist.

§. 813. Verdichtung des Sonnenlichts vermehrt die Fähigkeit desselben, Hitze zuwege zu bringen; daher die Benutzung der Hohlspiegel zu Brennspiegeln (Specula caustica, ustoria, ardentia) und der erhabenen Linsen zu Brenngläsern (Vitra caustica, ustoria), und die Ursach von der Benennung des Brennpunktes (Focus) bey Hohlspiegeln (§. 673.) und erhabenen Linsengläsern (§. 707.).

„Der Verfasser nimmt im Sonnenlichte freyen Wärmestoff an (§. 815. Anm.): daher hat nach seiner Hypothese die Hitze im Brennraume von Spiegeln und Gläsern zwey Quellen: 1) Concentrirung der freyen Wärme, die mit den Lichtstrahlen zugleich gebrochen und reflectirt wird: 2) Zersetzung des Lichts auf den Körper, den man in den Brennraum bringt. Indessen hält der Verfasser die Brechung der freyen Wärme im Glase noch für zweifelhaft (§. 815. Anm.) F.“

§. 814. Wie durch die Reflexion des Lichts der Sonne von Hohlspiegeln im Brennpunkte derselben Verdichtung des Sonnenlichts entstehen müsse, ist aus dem Vorigen (§. 673.) bekannt. Ein sphärischer Hohlspiegel kann nie alle Sonnenstrahlen, die auf ihn fallen, in einen Punkt, sondern sie nur in einen engern Raum vereinigen (§. 673.), so daß der sphärische Sector, der von den reflectirten Strahlen gebildet wird, sich nicht in eine Spitze, sondern in eine Kreisfläche endigt, und also der Brennpunkt eigentlich eine Kreisfläche ist, deren Abstand vom Spiegel von der Größe und Krümmung der Sphäre abhängt, von welcher die Spiegelfläche ein Theil ist. Da die reflectirten Strahlen desto früher die Achse des Spiegels schneiden, je weiter sie von der Achse des Spiegels auf ihn treffen, so würde es ohne bedeutenden Nutzen seyn, wenn man dem Spiegel eine größere Sehne, als etwa von 60 Grad, geben wollte. Wenn nun der Brennspiegel, dessen Achse gegen die Sonne gerichtet ist, alles Sonnenfeuer reflectirte, das auf ihn fällt, so würde die Intensität des Sonnenfeuers in seinem Brennraume sich zur Intensität des Sonnenfeuers auf sei-

ner Fläche wie das Quadrat des Durchmessers des kreisförmigen Brennraumes zum Quadrate des Durchmessers des Spiegels verhalten. Da indessen kein Spiegel ein vollkommener Spiegel ist (§. 678.), so muß die Intensität des Feuers im Brennraume immer kleiner seyn, als nach dieser Berechnung. Gleichwohl ist die Hitze, die große Brennspiegel in ihrem Brennraume hervorbringen können, die grösseste, die wir zu erreichen im Stande sind. Beyspiele großer Brennspiegel sind der Villettische und Tschirnhausensche. Die Materie dazu kann mannigfaltig seyn, falls sie nur die gehörige Form und Politur annimmt und die Sonnenstrahlen gut zurückwirft. Gemeiniglich macht man sie von Metall. Auch ein convexes Linsenglas, auf der erhabenen Seite belegt, giebt einen Brennspiegel. Wenn der Brennspiegel die gehörige Wirkung thun soll, so muß seine Achse gegen die Sonne gekehrt seyn, und dieß ist der Fall, wenn sich das Bild der Sonne auf einer Ebene, die die Achse des Spiegels lothrecht schneidet, kreisrund abbildet. Diese Lage des Brennraumes macht daher manche Versuche mit dem Brennspiegel unbequem. Wegen des Sonnenlaufes und der daher entstehenden Verrückung des Brennraumes muß man dem Spiegel außer der nöthigen verticalen Bewegung auch die horizontale leicht geben können. Auch mehrere Planspiegel können als Brennspiegel dienen, wenn man sie so richtet, daß sie die aufgefangenen Strahlen alle auf eine Stelle werfen. Büffon hat diesen Gedanken sehr glücklich ausgeführt.

Muschenbroek a. a. O. §. 1623 ff. D. Jos. Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, a. d. Engl. übers. mit Anm. von Georg Sim. Klügel, Leipz. 1776. 4. S. 171. 174. 101 ff. *Buffon* in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. de Paris* 1747. S. 82 ff. 1748. S. 305. *Courtivron*, ebendas. 1747, S. 429 ff. Hamburgisches Magazin, B. V. S. 269. B. XIV. S. 563. B. XVI. S. 513.

„Schon Büffon versuchte die Wirkungen der Hohlspiegel durch eine Menge kleiner Ebenspiegel hervorzubringen (vergl. Gehler's Wörterb.) und neulich zeigte *van Capelle* (Gilberts Ann. B. LIII. S. 242 ff.), daß entfernte brennbare Körper nicht durch Hohlspiegel, sondern nur durch zusammengefügte Ebenspiegel (bis auf 400 Fuß weit) entzündet werden können. Kr."

§. 815. Bequemer als die Brennspiegel (§. 814.) sind die Brenngläser, wozu man die biconvexen Glaslinsen (§. 705.) anwendet. Ihre Wirkung, die Sonnenstrahlen zu verdichten, läßt sich aus dem, was oben (§. 707.) vorgetragen worden ist, erklären. Weil aber nicht alles Sonnenfeuer, das auf sie fällt, auch durch sie geht, so ist auch ihre Wirkung bey gleicher Breite mit den Brennspiegeln kleiner. Wegen der Abweichung der Strahlen, die bey der Brechung von der Gestalt des Glases herrührt (§. 709), ist es nicht nur ohne bedeutenden Nutzen, den Brenngläsern eine Breite über 60 Gr. zu geben, sondern würde auch die Verfertigung ungemein erschweren. Man sieht leicht, daß sie in dieser Hinsicht um desto größer oder von desto größerm Durchmesser seyn können, je größer der Radius ihrer Krümmung ist. Da ihr Brennraum, wie aus der Strahlenbrechung in diesen Gläsern bekannt ist (§. 709.), kein Punkt ist, sondern noch eine merkliche Breite hat, so sucht man diesen bey großen Brenngläsern noch durch ein zweytes Glas, das Collectivglas, das mit dem erstern genau auf einerley Achse steht, in einen kleinern Brennraum zu verdichten. Man stellt das Brennglas so, daß seine Achse gegen den Mittelpunkt der Sonne gekehrt ist, zu welchem Ende man ihm sowohl eine horizontale als verticale Bewegung muß geben können. Die Gluth in dem Brennraume großer Brenngläser kann den heftigsten Grad erreichen. Beyspiele großer, sehr wirksamer Brenngläser sind die Tschirnhausenschen, wovon das größere 33 Zoll (paris.) im Durchmesser, und 12 F. Brennweite hatte. — Auch durch Verbindung zweyer Hohlgläser, deren Zwischenraum mit einer durchsichtigen Flüssigkeit, wie z. B. Wasser, Terpentinöl, ausgefüllt ist, lassen sich Brenngläser darstellen, wovon das sogenannte Troudainsche ein Beyspiel ist. Erfahrungen über die große Hitze in dem Brennraume sowohl eines großen Tschirnhausenschen als des Troudainschen Brennglases erzählt Macquer. — Auch Glaskugeln, mit Wasser gefüllt, können Brenngläser abgeben.

Vet. Jos. Macquers chymisches Wörterbuch, übersetzt von Leonhardi, Th. I. S. 454.

1) Der freye Wärmestoff, der beym Sonnenlichte ist, kann, wie das Licht, durch Brennspiegel convergirend zurückgeworfen (§ 545.) und (Herschel's Beobachtungen zufolge auch gebrochen?) werden (§. 726. Anm.) wird jedoch vom Glase weniger gut geleitet, wie das Licht, woraus erhellet, warum man sich durch eine vor das Gesicht gehaltene Glastafel eine Zeitlang vor der Gluth des Kaminfeuers, nicht aber des Sonnenfeuers, schützen könne.

2) Vielleicht ist das Verhältniß des freyen Wärmestoffs zum Licht im Sonnenfeuer nur sehr geringe; und daraus ließe sich erklären, warum die Sonnenstrahlen bey ihrem Durchgange durch die Luft, die nur wenig Licht zersetzt, die Luft selbst nur wenig erwärmen können. In der Zersetzung des Sonnenlichts durch den Erdboden und die Körper darauf, ist auch wohl der vorzüglichste Grund zu suchen, warum die niedrigern Gegenden der Atmosphäre an der Erdfläche eine höhere Temperatur, als die höhern Regionen derselben haben.

§. 816. Billig kann man nun fragen: Was wird aus dem Lichte, wenn dieses durch andere Körper zersetzt und der Wärmestoff davon geschieden wird? Die Erfahrung lehrt, daß wir Licht aus unzähligen Körpern, die an sich nicht leuchtend sind, auf mannigfaltige Weise entwickeln, und sie so zu ursprünglich leuchtenden Körpern machen können; und zwar können wir vier Arten dieser Lichtentwickelung aus Körpern unterscheiden, nehmlich: 1) das Verbrennen verbrennlicher Substanzen; 2) das Leuchten unverbrennlicher Stoffe, oder auch verbrennlicher, durch Erhitzung; 3) das Mitleuchten oder Leuchten durch Insolation und 4) die Elektricität.

Das Verbrennen (Combustio) entzündlicher Körper (§. 816.) ist Erzeugung von Feuer durch Aufnahme des „Sauerstoffs" oder einer Materie, die ihn gegen brennbare Substanzen zu vertreten vermag (z. B. des Chlor's, Jod's, Schwefel's, Blaustoff's ꝛc. Kr.") von der verbrennlichen Substanz. Diese Art der Erzeugung des Lichts und der Entwickelung des Wärmestoffes wird im folgenden Abschnitte näher untersucht werden. Die Erregung des Lichts durch Elektricität (§. 816.) kann auch erst in der Folge betrachtet werden. Es bleibt also hier nur die Erzeugung des Lichts durch bloße Erhitzung und durch Insolation unverbrennlicher Körper, oder auch verbrennlicher, doch ohne Verbrennung derselben, übrig. Hierher gehören, als Beyspiele, die Funken, welche Glas, Feuerstein, u. a., durch Erhitzung bey heftigem Reiben, z. B. an einem umlaufenden Mühlsteine, geben; das Licht, welches Feuersteine, zwey Cacholonge, selbst unter Wasser gerieben, nach Lichtenbergs Erfahrung, zeigen; das Leuchten des mit wenigem Wasser frisch gelöschten Kalks im Dunkeln; das Leuchten des Hombergi-

schen Phosphorus aus salzsaurer Kalkerde beym Reiben; die Erscheinung der sogenannten Lichtmagnete, oder solcher Leuchtsteine, die erst dem Tageslichte ausgesetzt werden müssen, wenn sie im Dunkeln leuchten sollen; das Leuchten sehr vieler Körper nach Wedgwood's Erfahrungen, wenn sie bis auf einen gewissen Grad erwärmt worden sind; das Leuchten eines Gemenges von Schwefel und Zink beym Zusammenschmelzen mit Ausschluß der Luft nach van Troostwyk, Deiman u. a. Das Leuchten der Körper, das ein schwaches Verbrennen derselben ist, gehört nicht hierher.

Ueber das Leuchten verschiedener Körper beym Erhitzen oder Aneinanderreiben, von Jos. Wedgwood; in Grens Journ. der Physik, B. VII. S. 45. Versuche über die Entzündung des Schwefels mit Metallen, ohne Gegenwart der Lebensluft, von Deiman, Troostwyk ꝛc.; in Crell's chemischen Annalen; 1795. B. II. S. 583 ff. *Jac. Bart. Beccarii* de quam plurimis phosphoris nunc primum detectis commentarius; in den *comment. bononiens.* T. II. P. II. S. 136 ff., P. III. S. 498 ff., übersetzt im allgem. Magaz. der Natur, Kunst und Wissenschaften, Th. VI. S. 181 ff. Th. VII. S. 163 ff.

„Ueber Leuchten durch Insolation, durch Elektricität und durch Wärme vergl. Placidus Heinrich: die Phosphorescenz der Körper. B. I—III. Nürnberg. 1811—15. 4. — Das Leuchten durch mechanische Gewalt, scheint größtentheils durch Wärmung und Elektrisirung bedingt zu werden; wahrscheinlich ist dieses auch beym Leuchten lebender niederer Thier- und Pflanzenorganismen, und verwesenden Holzes, faulender Seefische ꝛc. der Fall. Die elektrische Materie leuchtet nur, wenn sie bewegt wird, sey es als abgezogene oder zerfließende oder auch, als den Körpern (z. B. in Wasser geriebenen Quarzen) anhaftende, nur schwingende oder vibrirende Flüssigkeit. Kr."

„v. Grothuß will beym Leuchten des Chlorophan oder Pyrosmaragd durch Insolation eine quantitativ meßbare Ausströmung des Lichtes wahrgenommen haben: vergl. Scherer's nord. Beyträge B. I. S. 15. Aehnliche Beobachtungen lieferte auch Helwig und John; Gilbert's Ann. B. LI. S. 112. B. LV. S. 455. Nach P. Heinrich leuchten nicht alle regul. Metalle, alle Arten Kohle, Schwefel, die reinen erdigen Alkalien, frische Pflanzentheile und tropfbare Flüssigkeiten. Der elektrische Funken bringt vorzüglich den in einer weißen oder blauen Röhre eingeschlossenen kantonschen Phosphor zum Leuchten, die Wärme beschleunigt, aber verkürzt auch das Leuchten. Kr."

§. 817. Hierher gehört auch die leuchtende Hitze unverbrennlicher Substanzen durch mitgetheiltes Glühen. Wenn es, wie Einige annehmen, bloß daher rührte, daß diese Körper durch Erweiterung ihrer Poren in der Hitze das Licht frey durchließen, so müßte durch Entfernung derselben aus dem Feuer ihr Glühen auch sogleich aufhören; sie behalten aber ihre leuchtende Hitze eine merkliche Zeit

fort, und zwar mit veränderter Art des ausströmenden Lichts, wie man am besten wahrnehmen kann, wenn man ihr Leuchten an einem dunkeln Orte beobachtet. Sie gehen beym Erkalten vom Weißglühen bis zum dunkeln Rothglühen verschiedene Nüancen des Lichts durch.

§. 818. Wenn wir auch nur einige Aufmerksamkeit auf die dem Einflusse des Lichts ausgesetzten Körper werfen, so zeigt sich sehr bald, daß die Einwirkung desselben im Stande ist, beträchtliche Veränderungen der Mischung zuwege zu bringen. Die Nothwendigkeit des Lichts z. B. zum Gedeihen der Gewächse ist unleugbar. Pflanzen, die beym Ausschlusse von allem Lichte wachsen, werden bleich, verlieren ihre Farbe, und erhalten diese nach und nach wieder beym Einflusse des Lichtes darauf. Alle keimende Pflanzen, wenn sie erst aus der Erde hervor an das Tageslicht treten, sind weiß und ungefärbt, und werden erst grün beym Einflusse des Lichts darauf; die innern Blätter der Kohl- und Lattigarten, die von den äußern gegen den Einfluß des Lichts gedeckt sind, sind wässerig, weiß und ungefärbt, und erlangen erst Farbe, wenn sie sich entfaltet haben.

Die Erfahrungen von Humboldt können jene allgemeine Thatsache nicht umstoßen, sondern nur beweisen, daß die Pflanzen ihren Brennstoff auch außer dem Lichte aus andern Stoffen, besonders aus gewissen Gasarten, zu ziehen im Stande sind. F. A. v. Humboldt Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen, Leipzig 1794. 8. Grens systematisches Handbuch der Chemie, Th. I. §. 1534 ff.

„Eine große Verschiedenheit hinsichtlich der chemischen Wirkungen und derjenigen auf Organismen, zeigen die Farbenlichter. Das rothe Licht ist den meisten lebenden Wesen nachtheilig, das weiße, grüne und blaue vortheilhaft und nothwendig; rothes Licht zersetzt Salpetersäure, rothes Merkuroxyd rc. nicht, entfärbt in Aether aufgelöstes salzsaures Eisenoxyd nicht und bewirkt keine Verbindung des Chlor's mit dem Wasserstoffe zu Salzsäure, während diese hier verneinten und mehrere ähnliche Wirkungen durch weißes und vorzüglich durch das blaue Licht des prismatischen Farbenbildes erzeugt werden. Vergl. C. W. Scheele von der Luft und vom Feuer. Ups. Leipzig 1777. S. 61. Bérard in Gilbert's Ann. B. XLVI. S. 376. Wollaston a. a. O. B. XXXIX. S. 291. Hulme a. a. O. B. XII. S. 129 und 292. Böckmann in Scherer's Journ. B. V. S. 243. Karsten, Resultat der von Herschel und Andern angestellt. Unters.

üb. d. Sonnenstrahlen; a. a. O. B. VII. S. 665. Gay-Lussac und Thénard in Schweigger's Journ. B. V. S. 219. Vogel a. a. O. B. VII. S. 95 und B. IX. S. 236. M."

Drittes Hauptstück.

Schwere einfache Stoffe und ihre Verbindungen.

Erscheinungen des Verbrennens in atmosphärischer Luft.

§. 819.

Die merkwürdigste Art der Erzeugung des Feuers ist das Verbrennen (§. 816), wovon wir die begleitenden Umstände hier noch näher zu untersuchen haben.

§. 820. Man nehme einen offenen Glascylinder, der mit einem eingeriebenen Stöpsel luftdicht verschlossen werden kann, stelle ihn offen in eine Schaale mit Quecksilber, so daß er tief genug darin steht, etwa zur Hälfte seiner Höhe: man verstopfe ihn genau, und merke sich die Höhe des Quecksilbers in ihm genau durch ein angebrachtes Zeichen. Man lasse hierauf ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder treten (auf 9 Cubikzoll eingeschlossener Luft wenigstens 1 Gran), und zünde ihn vermittelst eines Brennglases durch Sonnenfeuer an. Er verbrennt mit Flamme und vielem weißen Rauche. Anfangs wird die Luft durch die entstehende Hitze ausgedehnt, und deßhalb muß der Cylinder tief genug im Quecksilber stehen, damit nichts von derselben entwischen kann; ihr Volum nimmt aber bald ab, und das Quecksilber steigt über das gemachte Zeichen in dem Cylinder durch den Druck der äußern Luft empor. Nachdem alles

erkaltet und auf die vorige Temperatur zurückgebracht ist, so findet man die rückständige Luft um ein Merkliches in ihrem Volum vermindert, so daß bey genau angestellter Messung ⅕ ihres vorigen Volums fehlt. Wenn die Luft und das Quecksilber recht trocken waren, so findet man die Fläche des Quecksilbers und des Cylinders mit einem weißen Salze bedeckt, das sauer schmeckt, sich leicht im Wasser auflöst, und an der freyen Luft zu einer sauern Flüssigkeit zerfließt. Es ist Phosphorsäure, und sie wiegt, noch ehe sie zerfließt, mehr als der Antheil Phosphor, der dabey verbrannt ist, dergestalt, daß jeder Gran Phosphor beym gänzlichen Verbrennen etwa 2½ Gran dieser trockenen Säure liefert. In 12 Cubikzoll (paris.) atmosphärischer Luft kann man etwa 1 Gr. (franz.) Phosphor verbrennen; die Luft nimmt dabey etwa um 3 Cubikzoll oder 1½ Gran ab, und diese Abnahme correspondirt der Zunahme des Gewichts der erzeugten Phosphorsäure. Die bey diesem Processe übrigbleibende Luft ist zum fernern Verbrennen des Phosphors sowohl als jedes andern verbrennlichen Körpers unfähig; auch ersticken Thiere darin.

Lavoisier traité élémentaire de Chimie, T. I. p. 58—66.

§. 823. Diese Erscheinungen (§. 820.) finden bey allen und jedem Verbrennen in der atmosphärischen Luft Statt, nur mit gewissen Abänderungen, welche aus der besondern Natur jedes einzelnen brennenden Stoffes entspringen. **Lavoisier** hat zuerst, und mit vorzüglicher Genauigkeit und Scharfsinn über diese Erscheinungen Licht verbreitet; und so lassen sich folgende Umstände als ganz allgemein festsetzen:

1) Zur Entzündung jedes verbrennlichen Körpers ist ein gewisser Grad von Erhitzung desselben nöthig, der nach der Natur desselben größer oder geringer ist.

„Den Entzündungspunkt in atmosphärischer Luft setzt man gegenwärtig beym Phosphor auf 40° der achtzigtheiligen Scale; beym Schwefel auf 120°; bey der lockern Holzkohle ohngefähr auf 150°. F."

2) Beym Ausschluß der atmosphärischen Luft geschieht kein Verbrennen; und es geschieht um desto lebhafter, je mehr ihr Zutritt befördert wird.

Wir vermehren daher das Verbrennen und verstärken die Gluth, je mehr wir den Luftzugang zum brennenden Körper befördern. Dieß beweiset die Wirkung des Löthröhres, der Blasebälge und anderer Arten des Gebläses, des beschleunigten Luftzugs der Windöfen, und endlich die Argandsche Lampe.

3) In einer gegebenen Menge von atmosphärischer Luft kann nur eine gewisse Menge des verbrennlichen Körpers mit verbrennen.

Es kann z. B. in 12 Cubikzoll (paris.) atmosphärischer Luft nur etwa 1 Gr. (paris.) Phosphor verbrennen; der übrige bleibt unverbrannt übrig.

4) Die atmosphärische Luft, worin ein Körper gehörig ist verbrannt worden, ist, bey gleichem Drucke und gleicher Temperatur, im Gewichte und Umfang vermindert, und hat die Fähigkeit verlohren, zum fernern Verbrennen und zur Respiration für Thiere zu dienen.

„Da die Kohle, und zum Theil auch der Schwefel, beym Verbrennen ein luftförmiges Product giebt, so versteht sich, daß dieses erst von der rückständigen Luft abgesondert seyn muß, wenn das, was über Verminderung des Umfanges hier gesagt wird, seine allgemeine Richtigkeit haben soll. F."

5) Der verbrannte Rückstand des Körpers (er sey nun fest, oder tropfbar flüssig, oder bilde ein ausdehnsames Fluidum) wiegt um so viel mehr, als das Gewicht des verschwundenen Antheils der atmosphärischen Luft beträgt.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

§. 822. Offenbar ist also unsere in kleinen Massen farblose, in größeren blau erscheinende atmosphärische Luft, (die wir hier von der Atmosphäre selbst unterscheiden) aus zwey verschiedenen Luftarten zusammengesetzt: aus einer, die allein das Verbrennen zu unterhalten fähig ist, die beym Acte des Verbrennens mit dem brennbaren Körper

verbunden wird, die allein zu den Functionen der Respiration für Thiere fähig ist, die nur etwa 0,21 — 22 der atmosphärischen Luft ausmacht, und die wir durch den Namen Lebensluft (Aër vitalis), oder Oxygengas (Gas oxygenicum), Sauerstoffgas, aus Gründen, die sogleich erhellen werden), unterscheiden; und dann aus einer andern Luftart, die nicht zur Unterhaltung des Verbrennens geschickt ist, worin Thiere ersticken, die etwa 0,79 — 78 Theile darin beträgt, und die den Namen Azotgas (Gas azoticum), Stickgas, erhalten hat.

„Neuere Untersuchungen haben gelehrt, daß das Verhältniß dieser beyden Bestandtheile in der atmosphärischen Luft nicht so veränderlich ist, als man vormals glaubte. Luft aus den entlegensten Orten, aus den verschiedensten Höhen, aus den ungleichsten Jahreszeiten, selbst die stickende Luft aus einem Versammlungsorte vieler Menschen, zeigt doch keine sehr bedeutende Verschiedenheit in dem Verhältnisse jener Bestandtheile. Die zufälligen Bestandtheile der atmosphärischen Luft, Wasser, und Ausdünstungen, besonders von organischen Körpern, sind es, die unaufhörlich wechseln: die wesentlichen Bestandtheile scheinen sich wenig zu ändern. Man sehe von Humboldt's und Gay-Lussac's Versuche über die Bestandtheile der Atmosphäre, in Gehlen's neuem allgem. Journ. der Chemie B. V. S. 45 ff. F."

„Als beständiger Begleiter des Stickgases und Sauerstoffgases in der atmosphärischen Luft erscheint außer dem Wasserdampf die Kohlensäure, nach Davy 0,001, nach Humboldt 0,005 bis 0,018 betragend.

Sauerstoff und Stickstoff geben im Gewichtsverhältniß von

1,8 Stickstoff	+	0,5	Sauerstoff	atmosphärische Luft
1,8 — —	+	1	—	oxydirtes Stickgas.
1,8 — —	+	2	—	Salpetergas.
1,8 — —	+	5	—	Salpetrichte Säure.
1,8 — —	+	6	—	Salpetersäure.

In Raumverhältnissen bilden 80 Maaß Stickgas + 20, oder statt deren + 40, oder + 80, oder + 128, oder + 200 Sauerstoffgas die genannten Verbindungen. Kr."

Oxygengas. Oxygen.

§. 823. Einige Substanzen, welche das Oxygengas der atmosphärischen Luft in der Hitze in sich nehmen, entlassen dasselbe wieder in einer stärkern Hitze des Glühens, wie z. B. das Quecksilber, so daß man dadurch im Stande

ist, diesen Bestandtheil der atmosphärischen Luft vom Stickgas abgesondert für sich darzustellen. Sonst kann man noch aus vielen andern Körpern in der Glühehitze das Oxygengas reichlich gewinnen, wie z. B. aus Salpeter und dem Braunsteine (dem natürlichen Manganoxyd) „und in sehr reinem Zustande aus dem Zündsalze oder sogen. oxydirt salzsaurem, oder richtiger chlorsaurem Kali. Kr." Wir wollen hier das Manganoxyd dazu wählen.

§. 824. Man fülle eine kleine irdene Retorte mit reinem gepülvertem Braunsteine, kitte an die Mündung ihres Halses eine blecherne Röhre luftdicht an, lege die Retorte in einen Windofen, bringe die Mündung der Röhre unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats (§. 609.), und erhitze die Retorte allmählig und stufenweise bis zum Glühen. Erst geht die atmosphärische Luft der Gefäße über; beym Glühendwerden des Braunsteins aber entwickelt sich die Lebensluft oder das Oxygengas, das sich dadurch zu erkennen giebt, daß ein glimmender Holzspan darin von selbst zur Flamme ausbricht. Wenn keine Luft mehr kommt, nimmt man die Mündung der Röhre aus dem Wasser, und läßt die Retorte erkalten.

§. 825. Dieses Gas unterscheidet sich nun auffallend von der atmosphärischen Luft, ob es gleich in einigen Eigenschaften mit ihr übereinkommt. Es ist geschmack- und geruchlos; wird vom Wasser wenig oder nicht absorbirt; ist etwas specifisch schwerer, als atmosphärische Luft (§. 368.); und ist zur Respiration für Thiere und zur Unterhaltung des Verbrennens weit fähiger, als die letztere. Ein Thier erstickt im eingeschlossenen Raume dieser Luft viel später, als in einem gleich großen eingeschlossenen Raume von atmosphärischer Luft. Ein verbrennlicher Körper, wenn er 4 bis 5 Cubikfuß atmosphärischer Luft zu seinem gänzlichen Verbrennen erfordern würde, hat nur Einen Cubikfuß Oxygengas dazu nöthig. Die Intensität des Verbrennens, oder die Entwickelung des Feuers dabey, ist weit stärker, als

als in atmosphärischer Luft. Eine Wachskerze brennt darin mit hellerer und größerer Flamme und knisterndem Geräusche. Das glimmende Docht derselben wird darin wieder zur Flamme erweckt. Zunderschwamm, der sonst nur glimmt, brennt darin mit Flamme. Glühende Kohlen verzehren sich darin weit schneller, und brennen mit stärkerm Scheine. Eine zugespitzte stählerne Uhrfeder, die vorher an der Spitze glühend gemacht ist, oder an welche man ein Stückchen angezündeten Zunderschwamm gesteckt hat, verbrennt darin mit vielem Funkensprühen. Besonders stark und allgemein leuchtend aber ist die Flamme des darin verbrennenden Phosphors. Durch ein Löthrohr an die Flamme einer Kerze, oder noch besser, auf eine glimmende Kohle geleitet, kann man damit eine Hitze hervorbringen, welche der Hitze großer Brenngläser und Brennspiegel gleichkommt, („und dieselbe übertrifft, wenn es möglichst comprimirt, das mit ihm zusammenfließende, zuvor ebenfalls stark zusammengedrückte Wasserstoffgas — im sogenannten Knallluftgebläse — verbrennt; vergl. oben §. 574 u. f. Kr.")

Ingenhouß vermischte Schriften, B. I. S. 201 ff. S. 565 ff.

Von Humboldt's Apparat, vermittelst des Oxygengas in unterirdischen Graben bey bösen Wettern und Schwaden derselben zu respiriren und eine Lampe brennend zu erhalten. S. Crell's chemische Annalen. 1796. B. II. S. 99 ff. 195 ff.

§. 826. Man unternehme nun den Proceß des Verbrennens des Phosphors im eingeschlossenen Raume dieses Oxygengas auf dieselbige Art, als in atmosphärischer Luft (§. 820.). Man fülle zu dem Ende einen Cylinder mit Quecksilber in einer Schale, und lasse etwa die Hälfte seines Inhalts Oxygengas hinauftreten. Man bringe dann ein Stückchen Phosphor unter den Cylinder, das in dem Quecksilber emporsteigt und darauf schwimmt; man zünde es unter dem Cylinder vermittelst eines Brennglases an. Wenn der Phosphor verbrannt ist, bringe man wieder frischen darunter, wiederhole das Verbrennen, u. s. f. Man findet nun, daß hierbey alles eben so vorgeht, wie beym Verbrennen in atmosphärischer Luft: nur mit dem Unter-

schiede, daß die Stärke des Feuers dabey grösser ist; daß mehr Phosphor in gleichem Raume dieses Gas verbrennen kann; und daß, wenn Phosphor zum Verbrennen genug da und das Oxygengas ganz rein ist, die Luft ganz und total verschwindet. Gewöhnlich findet man indessen einen geringen Rückstand von Stickgas, das damit vermischt war. Die gebildete Phosphorsäure ist hierbey von eben der Art, als beym Verbrennen in atmosphärischer Luft, und wiegt ebenfalls, auch noch ehe sie zerfließt, und selbst nach dem Ausglühen, mehr, als der dazu verwendete Phosphor. Diese Zunahme des Gewichts correspondirt dem Gewichte des dabey verschwundenen Oxygengas.

„In Geräthschaft von Glas ist der Versuch, besonders auf die im §. beschriebene Art, mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden, wegen der grosen Hitze, welche das Verbrennen des Phosphors begleitet. Leichter gelingt der Versuch, wenn man eine Kugel von Kupfer oder Messingblech, die mit strengflüssigem Loth gelöthet ist, mit ganz reinem Oxygengas füllt, dann mehr Phosphor hineinthut, als darin verbrennen kann, und, nachdem man die Kugel luftdicht verschlossen, die Entzündung durch eine untergesetzte Kerze hervorbringt. F."

§. 827. Nach Lavoisiers genauer Bestimmung verschwinden bey dieser Operation durch das totale Verbrennen von 45 Gr. (franz.) Phosphor 138¼ Cubikzoll (franz.) oder 69,375 Gr. Oxygengas, und es bilden sich 114,375 Gr. feste Phosphorsäure; oder 100 Theile Phosphor verzehren beym Verbrennen 154 Theile Oxygengas dem Gewichte nach, und geben dann 254 Theile feste Phosphorsäure.

Lavoisier a. a. O. S. 59 ff.

„Neueren Untersuchungen zu Folge nehmen 10 Th. Phosphor, 15 Th. Sauerstoff auf, damit 25 Theile wasserfreye Säure bilden. Kr.

§. 828. Den Gaszustand von gebundener Wärme ableitend, hat man der eigenthümlichen Basis der Lebensluft den Namen Oxygen, Sauerstoff (Oxygenium, *Oxygène*) gegeben, weil mehrere verbrennliche Körper durchs Verbrennen in Lebensluft zu Säuren werden, und weil sie ein Bestandtheil der meisten Säuren ist. Das Oxygen

gas oder die Lebensluft besteht dieser Annahme zu Folge also aus Oxygen und Wärmestoff.

§. 829. Durch bloßes Glühen allein entläßt indessen der Braunstein nicht alles Oxygen „jedoch haben Versuche mit der Hitze des Knallluftgebläses gezeigt, daß die Oxyde verschiedener unedler Metalle, bey sehr hohen Hitzgraden — gleich den Oxyden der edlen Metalle, die schon bey mäßiger Hitze ihren Sauerstoff gasförmig fahren lassen — allen enthaltenen Sauerstoff als Gas entlassen, und dann als unverbrannte (reducirte) Metalle zurückbleiben. Kr."

§. 830. Das Oxygen ist für uns eine einfache Substanz, das heißt, wir können es nicht weiter in andere ungleichartige Stoffe zerlegen. Es ist sehr ausgebreitet in der Natur vorhanden, und macht einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, des Wassers, der meisten Säuren, aller Metalloxyde und aller Gemengtheile der Körper des Pflanzen- und Thierreichs aus.

Theorie des Verbrennens.

§. 831. Stahl nahm zuerst, auf Veranlassung von Becher, in den verbrennlichen Körpern das Daseyn eines eigenthümlichen Wesens an, das er Phlogiston oder Brennstoff nannte, und das er als die Quelle des Feuers beym Verbrennen betrachtete. Den Einfluß der Luft beym Verbrennen, ihre Zersetzung dabey, kannte Stahl gar nicht. Bey den weitern Fortschritten in der Kenntniß dieses Einflusses blieb man dessen ungeachtet von der Nothwendigkeit der Annahme eines solchen Wesens überzeugt, änderte aber nach der Lage der Kenntnisse von den das Verbrennen begleitenden Umständen die Vorstellungen, wie der Brennstoff Feuer erzeuge, verschiedentlich ab.

Jo. Joach. Beccheri physica subterranea, Lips. 1705. 8. Specimen Beccherianum, exhib. *Geo. Ern. Stahl*, Lips. 1705. 8. Georg Ernst Stahl's zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit vom sogenannten Sulphur. Halle 1747. 8.

§. 832. Die Entdeckung des Oxygengas, des Verschwindens desselben beym Verbrennen aller Körper überhaupt, besonders bey der Oxydirung der Metalle, und die Wiedererzeugung desselben aus dem Quecksilberoxyde durch bloßes Glühen, ließ zuerst an der Existenz eines Brennstoffes in verbrennlichen Körpern und Metallen, als Quelle des Feuers, zweifeln, und Lavoisier hielt sich sowohl durch diesen, schon vor ihm von Scheele und Priestley gemachten, als durch andere von ihm angestellte Versuche und Beobachtungen berechtigt, die Annahme eines eigenen entzündlichen Grundstoffes aufzugeben, die darauf gegründeten Vorstellungsarten in der Chemie ganz zu verwerfen, und ein neues System zu errichten, welches deßhalb den Namen des antiphlogistischen Systems erhalten hat.

Mémoire sur la combustion, par Mr. *Lavoisier*; in den *Mém. de l'ac. roy. des sc.* 1777. S. 592 ff.; übersetzt in Crell's neuesten Entdeck. Th. V. S. 188. Lavoisier's Betrachtungen über das brennbare Wesen, zur Entwickelung seiner Theorie vom Verbrennen und Verkalken; aus den *Mém. de l'ac. roy. des sc.* 1785. S. 505 ff., übers. in Crell's chem. Annalen, 1789. B. II, S. 143 ff. *Lavoisier* traité élémentaire de chimie, T. II. à Paris 1789. 8. „Hermbstädt hat dieses Werk übersetzt, unter dem Titel: Lavoisier's System der antiphlogistischen Chemie. Berlin 1792; 2. Ausgabe Berlin 1805." Synthesis oxygenii experimentis confirmata, edidit. *Fr. Lud. Schurer*, Argentor. 1789. 4. Philosophie chimique — par *A. F. Fourcroy*, à Paris 1792. 1794. 8. Chemische Philosophie, oder Grundwahrheiten der neuern Chemie, von *A. F. Foucroy*. A. d. Franz. übers. con *Joh. Sam. Traug. Gehler*; Leipz. 1796. 8. „Vom franz. Original dieses Werks ist 1806 die sehr vermehrte dritte Ausgabe in Paris erschienen. F."

§. 833. Nach diesem Systeme ist ein verbrennlicher Körper ein solcher, der bey einer gewissen Temperatur das Vermögen besitzt, das Oxygen der Lebensluft stärker anzuziehen, als derselbe vom Wärmestoffe darin angezogen wird. Die Lebensluft besteht aber diesem System zu Folge nicht bloß aus Oxygen und Wärmestoff, sondern enthält auch noch das Licht als Bestandtheil. Wenn nun ein entzündlicher Körper, z. B. Phosphor, bey der zu seiner Entzündung nöthigen Temperatur in Oxygengas gebracht wird: so zieht er das Oxygengas daraus an, und vereinigt sich da-

mit zu einem neuen Producte; so wird der Phosphor damit zur Phosphorsäure; das Oxygengas wird folglich zersetzt, und sein gebundenes Licht und sein gebundener Wärmestoff werden frey, und bilden das Feuer, welches entweicht. Weil nun in vielen Fällen bey dem Verbrennen des verbrennlichen Körpers aus demselben und dem Oxygen eine Säure gebildet wird, so ist dieß Veranlassung gewesen, die Basis der Lebensluft Oxygen, säureerzeugenden Stoff oder Sauerstoff (*Oxygène*) zu nennen; nicht deßhalb, weil sie an sich sauer sey, sondern weil sie mit der säurefähigen Grundlage (Base acidifiable), wie in unserm Falle mit dem Phosphor, erst Säure erzeugt. In dem Falle aber (der sehr häufig ist), wenn die verbrennliche Substanz zwar Oxygen aufnimmt, aber dadurch noch keine Säure wird, wie z. B. die mehresten Metalle, nennt man das Product Oxyde. Das Verbrennen heißt nach diesem Systeme deßhalb auch eine Oxygenirung oder Oxydirung. Aus der Verbindung der verbrennlichen Substanz mit dem ponderabeln Oxygen folgt die Zunahme des Gewichts des verbrannten Rückstandes, und wegen der Imponderabilität des Lichts und des Wärmestoffes die Uebereinstimmung dieser Zunahme mit dem Gewichte des verschwundenen Antheils des Oxygengas. Das Verbrennen kann ferner nur so lange dauern, bis die verbrennliche Substanz mit Oxygen gesättigt ist. In der atmosphärischen Luft hindert das Stickgas, womit das Oxygengas darin vermengt oder vermischt ist, daß die Erscheinungen des Verbrennens darin nicht mit der Lebhaftigkeit vor sich gehen können, als im reinen Oxygengas. Da endlich das Stickgas vom verbrennlichen Körper in der Regel nicht afficirt wird, so bleibt es als Rückstand der atmosphärischen Luft übrig. Das Oxygen besitzt übrigens gegen die verschiedentlich gearteten Materien eine verschiedentliche Verwandtschaft, und kann daher auch aus einem Körper an den andern übertreten, gegen den es eine stärkere Verwandtschaft besitzt, und es kann solchergestalt der verbrannte Körper

wieder zum entzündlichen Körper gemacht oder desoxydirt werden.

§. 834. Nach diesem Systeme geschieht also das Verbrennen verbrennlicher Substanzen in Oxygengas durch eine einfache Wahlverwandtschaft, und die Quelle des Feuers ist einzig und allein das Oxygengas; der verbrennliche Körper giebt dazu nichts her. Wenn man ganz unpartheyisch seyn will, so muß man gestehen: daß nach diesem Systeme das Licht eine ganz überflüssige Rolle spielt; daß es ganz wegfallen könnte, ohne daß das System dabey Eintrag litte; daß die Phänomene, wo Licht ohne allen Beytritt des Oxygengas aus verbrennlichen Körpern zum Vorschein kommt (816. Anm.), damit in Widerspruch stehen; daß darnach das Oxygengas der einzige und alleinige Behälter des Lichts ist; und folglich von der Einsaugung des Lichts von andern Körpern, von der Entstehung der Farben der Körper, von der Erzeugung der elektrischen Materie in den Körpern, die doch auch Licht ohne Beyhülfe des Oxygengas giebt, und von andern oben (§. 812. Anm. u. §. 816. Anm.) angeführten Umständen, keine Rechenschaft gegeben werden kann. Um diese Lücken, welche das antiphlogistische System in Ansehung so vieler und wichtiger Erscheinungen des Lichts läßt, zu ergänzen, müssen wir, nach der im Vorhergehenden vorgetragenen Lehre von der Zusammensetzung des Lichts (§. 812. Anm. 3 bis 15.), die Anwendung eines eigenen Brennstoffes in den verbrennlichen Körpern selbst zu Hülfe nehmen, und also beyde Systeme gewissermaaßen wieder vereinigen. Nach diesem neueren Systeme ist nun zwar die Basis des Lichts oder der Brennstoff ein Bestandtheil aller entzündlichen Körper; wenn wir aber auf denselben, wegen seiner Imponderabilität, in chemischer Hinsicht so wenig achten wollen, als auf die elektrische Materie der Körper, so können wir auch die von der antiphlogistischen Chemie als chemisch einfach angesehenen entzündlichen Stoffe in dieser Rücksicht als solche gelten lassen, und können mithin auch die Sprache der Antiphlogistiker reden.

Das neue System nähert sich in dieser Hinsicht also, wie Kenner leicht einsehen werden, noch mehr dem antiphlogistischen, als in der Gestalt, wie es Richter geliefert hat. Man sehe: Ueber die neuern Gegenstände der Chemie, von J. B. Richter. Breslau und Hirschberg. St. III. 1793. 8.

„Bey dem hartnäckigen Streite, welchen die antiphlogistische Chemie erregte, fielen die meisten Gegner derselben, und besonders auch der verdiente Gren, in den Fehler, daß sie etwas Unwesentliches dieses Systems mit dem Wesentlichen verwechselten. Ein Fehler, der sogar noch jetzt hin und wieder gemacht wird. Die Existenz des Oxygens, die Charakterisirung dieses so wichtigen Stoffes, sein Daseyn in der atmosphärischen Luft, im Wasser, in den meisten Säuren, in den Metalloxyden, kurz, die ganze große Rolle, welche dieser Stoff in der Natur spielt, dieß waren die wesentlichen Punkte des neuen Systems; und alle diese Punkte waren nicht Hypothesen, sondern eine unbestreitbare Thatsache. Daß aber ein Gas aus einer ponderabeln Basis und Wärmestoffe besteht, war eine bloße Hypothese, die allerdings viel für sich hat, und welche Lavoisier selbst vielleicht in einem etwas zu entscheidenden Tone vortrug. Von dieser Hypothese sind aber alle jene Thatsachen unabhängig, und lassen sich rein ohne dieselbe aussprechen. Was bey der Verbrennung des Phosphors geschieht, läßt sich z. B. auf folgende Art aussprechen: 5 Theile Phosphor verbinden sich mit ohngefähr 2 Theilen Oxygen zu 5 Theilen Phosphorsäure; die Art der Verbindung ist mit einer Lichterscheinung und mit Wärmeerzeugung verbunden, und die entstehende Wärme ist so groß, daß dadurch 100 Theile Eis von der Temperatur 0° geschmolzen werden können. Wer die Sache so ausdruckt, der spricht lauter Thatsachen, und mit diesen das Wesentliche des neuen Systems aus. Wer noch hinzusetzt, daß das Licht und die Wärme, welche sich hierbey zeigen, die Wirkung zweyer imponderabeln Stoffe sind, die vorher im Oxygengas gebunden waren, der setzt zu den Thatsachen eine vielleicht nicht unwahrscheinliche, aber doch immer unsichere Hypothese hinzu. Und wenn weiter Jemand hinzusetzt, der Lichtstoff sey nicht im Oxygengas, sondern im brennbaren Körper gebunden gewesen, so begründet er offenbar kein neues System der Chemie, sondern macht nur zu einer unsichern Hypothese einen noch unsicherern Zusatz. F."

835. Nach diesem letzteren Systeme ist also ein verbrennlicher Körper ein solcher, der nicht nur die Basis des Lichts enthält, sondern auch Anziehung genug zum Oxygen besitzt, um es dem Wärmestoffe im Oxygengas entziehen zu können. Ich will zur Erläuterung bey dem Phosphor als verbrennlicher Substanz stehen bleiben. Wird derselbe im Oxygengas erhitzt, so wird dadurch seine Anziehung zum Brennstoffe vermindert, so daß seine Anziehung zum Oxygen überwiegend werden kann. Nun geht also der Act seines Verbrennens an: der Phosphor zieht das Oxygen der

Oxygengas an und bildet damit Phosphorsäure, während der Brennstoff des Phosphors mit dem Oxygengas das Licht und Feuer constituirt. Alles Uebrige erklärt sich nun nach diesem Systeme, wie nach dem vorigen (§. 834). Die Desoxydirung eines verbrannten Körpers durch einen andern entzündlichen geschieht durch eine doppelte Wahlverwandtschaft, wobey der letztere dem erstern das Oxygen entzieht, dagegen aber Brennstoff überläßt.

„Neuere, weiter unten zu erwähnende Thatsachen zeigten, daß zur Verbrennung nicht sowohl der Sauerstoff als solcher, sondern überhaupt ein Stoff erfordert werde, der gegen den brennbaren in solchem Maaße negativ elektrisch wird (während der brennbare positiv elektrisch erscheint), daß bey der Verbindung beyder Stoffe beyde Elektricitäten unter mehr oder weniger andauernder Bildung des elektrischen Funkens sich wieder ins natürliche Gleichgewicht stellen, oder o E bilden. Zwischentritt von (besonders von feuchten) Leitern hindert das freye Hervorstrahlen des + E und — E und dadurch die sichtbare Erscheinung des Feuers; z. B. ist dieses der Fall bey der Oxydation verschiedener Brennbarer durch Salpetersäure. Vergl. m. Grundriß der Chemie. Heidelberg 1807. 8. §. 16—27. m. Einleitung in die neuere Chemie. Halle 1814. III. Abschnitt. Ruhland's System d. allg. Chemie. Berlin und Stettin 1818. 8. — Das jetzige electrochemische System fußt auf obige Thatsachen, und zeigt, daß Verbrennung selbst ohne Sauerstoff, nehmlich durch Vertreter desselben statt finden kann, (vergl. m. System der Chemie Einleit. 1. Abth. Halle 1819. 4.), und daß, wenn man die Materien nach ihrer abnehmenden Brennbarkeit ordnet, der Sauerstoff selbst, der am wenigsten brennbare (am meisten negative) und der Wasserstoff als der am meisten brennbare Stoff einer Materien-Reihe betrachtet werden muß. Kr"

„Läßt man das in der Folge näher zu beschreibende — E und das + E als besondere Einzelwesen gelten, so kann man ersteres als den eigentlichen Sauerstoff, und das letztere als das eigentliche Phlogiston ansehen. Kr"

§. 836. Der Erfahrung zu Folge verbrennen die entzündlichen Körper entweder mit Flamme, oder mit bloßem Glühen. Die chemische Zergliederung zeigt, daß alle Körper, welche mit Flamme verbrennen, entweder selbst flüchtig sind, oder flüchtige Bestandtheile haben, die durch die Hitze in Gas oder Dampf verwandelt werden. Die Flamme brennender Körper ist demnach brennendes Gas oder brennender Dampf aus ihnen. Sonst kann aber auch

eine geringere Hitze machen, daß Körper bloß verglimmen, die sonst in stärkerer Hitze mit Flamme verbrennen würden, eben weil jene Hitze nicht zur Verflüchtigung der verbrennlichen flüchtigen Substanz hinreicht. Aus dem verschiedenen quantitativen Verhältnisse des Brennstoffes zum Wärmestoff bey ihrer Verbindung durchs Verbrennen (§. 835.) läßt sich auch die verschiedene Farbe der Flamme erklären.

Alcohol und Schwefel geben beym schwachen Verbrennen eine blaue Flamme, die Auflösung der Boraxsäure in Alcohol brennt mit einer grünen, die Auflösung der salzigsauren Strontianerde in Alcohol mit einer rothen Flamme.

„Davy leitet diese Farben des vermischten brennenden Alkohols von einer Ausscheidung (Reduction) der metallischen Grundlagen der Salze (z. B. des Boron's der Boraxsäure) und Wiederverbrennung derselben ab. Kr."

§. 837. Das Verbrennen verbrennlicher Substanzen kann wegen ermangelnder nöthiger Temperatur manchmal so schwach seyn und so langsam erfolgen, daß sich dabey nur bloßes Leuchten, und zwar nur im Dunkeln, und auch da nicht einmal, zeigt. Das Oxydiren der Metalle in schwächerer Hitze ist ein so schwaches Verbrennen, daß dabey auch nicht einmal im Dunkeln Licht wahrgenommen wird, ob es gleich in stärkerer Hitze in sehr bemerkbares Verbrennen übergehen kann.

§. 838. Auch der gemeine Phosphor erleidet in einer Temperatur, die nicht bis zu seiner wirklichen Entzündung hinreichend ist (§. 826.), in der atmosphärischen Luft ein allmähliges und langsames Verbrennen, wobey das erzeugte Licht so schwach ist, das es bloß im Dunkeln wahrgenommen werden kann. Er zerfließt hierbey zu einer Säure, verzehrt das Oxygengas, und es geht hierbey alles eben so vor, wie bey seinem wirklichen Verbrennen. Der Phosphor kann sogar nach van Marum's Entdeckung noch in einer sehr stark verdünnten atmosphärischen Luft leuchten, worin sonst kein eigentliches Verbrennen mehr vorgehen

kann. „Uebrigens lösen, nach Thénard, 6 Litre Stickgas 0,05 Gramm Phosphor unter schwachem Leuchten auf. Kr.“

Beytrag zur Berichtigung der antiphlogistischen Chemie, auf Versuche gegründet, von *J. F. A. Göttling*. Weimar 1794. 8. Ueber das Leuchten des Phosphors im atmosphärischen Stickgas, — von *Scherer*, *Jäger* und *Pfaff*. Weimar 1795. 8. — Gren's neues Journ. der Physik, B. III. S. 525 ff. 529. 530 ff.

Wahrnehmung über das Verbrennen des Phosphors in dem sogenannten leeren Raume der Luftpumpe, von D. van Marum; in Gren's neuem Journal der Physik, B. III. S. 96 ff.

„Thénard in Schweigger's Journ. B. VII. S. 299 und Gilbert's Ann. B. XLVI. S. 267. Kr.“

839. Wenn Materien zusammen vermischt werden, die bey ihrer Einwirkung auf einander Wärmestoff in der nöthigen Menge entwickeln, und entzündliche Substanzen dabey sind, so kann dadurch beym Zugange der atmosphärischen Luft Selbstentzündung entstehen. Denn nun sind die Bedingungen zum Verbrennen vorhanden.

Ein Beyspiel giebt die Entzündung der Oele durch rauchenden Salpetergeist. Man schütte ein Loth Terpentinöl in ein kegelförmiges Gefäß, mische dazu ein halbes Loth starkes Vitriolöl, rühre es schnell mit einer Glasröhre um, und schütte dann sogleich von starker Salpetersäure hinzu. Es entsteht plötzlich eine lebhafte Selbstentzündung mit einer lodernden Flamme.

§. 840. Wenn aber auch in Gemischen durch Verbindung und Zusammentritt entzündlicher Bestandtheile die Anziehung derselben zum Oxygen verstärkt, und sonst noch Wärmestoff darin freygemacht wird, so können sie dadurch ebenfalls in Selbstentzündung gerathen. Beyspiele geben:

1) Hombergs Pyrophor oder Luftzünder, aus gebranntem Alaun und Kohlenstaub zusammen gehörig calcinirt. „Das Kalium dieses Gemisches bewirkt durch sein Verbrennen das Erglühen, jedoch macht Proust's Pyrophor ohne Kalium eine Ausnahme. Kr.“

Grens system. Handb. der Chemie, Halle 1794. Th. I. §. 619 ff. „In der neuen Klaprothschen Ausgabe, Halle 1806. §. 647 ff.“

2) Die Selbstentzündung des angefeuchteten Gemenges aus Eisenfeile und Schwefelblumen.

Baumé's erläuterte Experimentalchemie, Th. II. S. 679 ff.

3) Die Selbstentzündung stark gerösteter noch heiß zusammengepackter Rockenkleye, Cichorienwurzel u. dergl., des Hanfes mit Leinöl und Kienruß, u. a. m.

Neue Nordische Beyträge, B. III. S. 57 ff. Beytrag zur Geschichte der Selbstentzündungen und der sogenannten Luftzünder, von Buchholz; in Crell's chemischen Annalen, 1784. B. I. S. 411 ff. S. 435 ff. Hacquet, ebendas. 1791. B. I. S. 305.

„T. v. Grotthuß's und H. Davy's Untersuchungen über die Verbrennung, haben in unseren Zeiten vorzüglich dazu beygetragen, das Gesetzmäßige der dieselben begleitenden Erscheinungen nachzuweisen; es ergiebt sich aus den Versuchen dieser Physiker:

1) daß die Flamme ein bis zum Glühen erhitztes Gas ist „Vergl. m. Grundr. d. Physik. Heidelberg 1807. B. II. Cap. VII. u. X. Kr.", und daß die Lichtentbindung derselben um so größer ist, je mehr die Verbrennenden oder die durch die Verbrennung entstandenen Erzeugnisse feuerbeständig sind, und das aufgefangene Licht reflectirend mit dem unreflectirt entstrahlenden Lichte vermischen. Phosphor, Zink &c. brennen mit lebhaftem Lichte, Wasserstoffgas hingegen mit geringer Lichtentwickelung, dagegen um so größerer Hitze;

2) daß die Hitze der brennenden Gase sich verhält, wie die Grade der Verdünnung, bey welcher sie fortbrennen und ihrer Temperatur vor der Entzündung. Ein Gemisch aus Sauerstoff- und Wasserstoffgas wird bey 18facher Verdünnung durch den elektrischen Funken nicht mehr entzündet. Chlorgas und Wasserstoffgas hingegen noch bey 24facher Verdünnung. Das erstere Gemisch wird hingegen durch den elektrischen Funken entzündet, wenn es zuvor sehr erhitzt worden war. Sauerstoff- und Wasserstoffgas explodiren nur in der Weißglühhitze;

3) daß das Vermögen der Gase die Wärme zu zerstreuen, oder von der Oberfläche der festen Materien fortzuleiten, im umgekehrten Verhältniß ihrer Dichtigkeit stehe. Das erhitzte Thermometer kühlt sich im Hydrogengas am schnellsten, im Chlorgase und kohlensaurem Gase am langsamsten ab;

4) daß ein Gemische von Sauerstoff- und Wasserstoffgas bey Rothglühhitze still, d. h. ohne Explosion und langsam verbrenne, und daß daher ein in Aether- oder Alcoholdunst, oder in ein Gemisch aus Kohlenwasserstoff- und Sauerstoffgas getauchter, Wärme schlecht leitender Drath, ein still glühendes Verbrennen bewirkt (Ellis-Lampe ohne Flamme), und Gemische aus brennbarem Gas und Sauerstoffgas nicht angezündet werden, wenn man mit feinem Drathgitter ein geschlossene Flammen hineintaucht (Davy's Sicherheitslampe), oder dergleichen Gasgemische aus sehr feinen Oeffnungen herausdrückt, und vor der Oeffnung anzündet, wo sich dann die Entzündung nicht bis zur Substanz der eingeschlossenen größeren Gasgemischmenge verbreitet (Brooke's, von Newmann ausgeführtes Knallgebläse);

5) daß die Entzündlichkeit der Gase dadurch erhöht wird, daß man ihrer Ausdehnung in der Hitze Hindernisse entgegenstellt, d. i. ihre Zusammendrückung vermehrt, und daß, wenn der Druck der Atmosphäre bis ins Unendliche zunähme, alle brennbaren Gase, selbst bey der gewöhnlichen Temperatur verbrennen würden;

6) daß für jedes Gas eine Temperaturverminderung denkbar sey, wo auch beym unendlichen Drucke der Luft keine Entzündung mehr erfolge; und

7) daß auch die eigenthümliche Natur des die Gase begränzenden Raumes Einfluß auf die Entzündlichkeit derselben habe. Kr."

„Vergl. Gilbert's Ann. B. LVI. S. 112. B. LVIII. S. 545 ff. Kr."

„Ueber Davy's Sicherheits- (Gruben) Lampe vergl. Scherer's Nordische Blätter 2c. B. I. 2. H. S. 114. D. Gewerbsfr. B. IV. 1. H. — Ueber Ellis Lampe ohne Flamme Gilbert's Ann. B. LVIII. S. 370. Kr."

„Davy erwies das stille Verbrennen des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase zu Wasser, durch folgenden Versuch: Man gieße in ein Glas Aether oder Alcohol, und halte einen zuvor rothglühend gemachten Platindrath darüber. Der Drath wird zu glühen fortfahren, so lange sich Aether- oder Alcoholdunst bildet, während dieser Dunst an ihm langsam ohne Flamme verbrennt, und das durch das Verbrennen miterzeugte Wasser, in Gestalt kleiner Tropfen, sich an die Innenrände eines über den Drath gehaltenen engen Glascylinders anlegt. Da Platin unter allen Metallen das geringste Wärmeerzeugungsvermögen besitzt, und weil seine specif. Wärme durch Temperaturerhöhung nicht merklich vermehrt wird, so eignet es sich zu obigem Versuche vorzugsweise. Kr."

„Porret's Versuchen zu Folge (Thompson's Annals of Philos. 1817. May.) bestätigen, was die Erfahrungen unserer Glasbläser bereits aussagten, daß es der äußere, fast unsichtbare Theil der Kerzenflamme ist, welcher die meiste Hitze erzeugt, und daß diese Hitze die Zersetzung des brennbaren Flammendunstes und das Erglühen des inneren Rußes bedinge. Auch zeigten seine Versuche, daß der dunkle Docht nicht blos durch Lichteinsaugung Wärme erzeugt, sondern, daß er auch die Wärme sehr gut leitet und die Flamme entwärmend, diese unfähig macht allen Unschlittdunst gänzlich zu verbrennen. Kr."

„Davy fand, daß das Wasserstoffgas in der atmosphärischen Luft zu brennen aufhört, wenn dieselbe bis auf $\frac{1}{13}$ ihrer gewöhnlichen Dichte verdünnt ist. Kohlenoxydgas verlöscht in einer fünffach verdünnten, Kohlenwasserstoffgas bey einer vierfachen Verdünnung. Entzündeter Schwefel verlischt erst, wenn die Luft über 50, Phosphor wenn sie über 60 verdünnt wird. Das Phosphorwasserstoffgas brennt noch in der durch die Luftpumpe aufs höchste verdünnten Luft. Kr."

„Die Explosionen verbrennender Gemische, scheinen, abgesehen von plötzlicher Gasgluth, d. i. Entflammung, vorzüglich von den ausdehnenden Wirkungen freywerdender Elektricitäten abzuhängen. Kr."

„Daß bey jeder chemischen Mischung, bey welcher das Gemisch eine größere Dichte hat, als es der Berechnung zufolge erlangen sollte, in Folge verminderter Wärmecapacität Wärme frey werde, hat neuerlich Gay-Lussac in Zweifel gestellt, seine eigenen Beobachtungen an ältere der Art reihend. So wird z. B. Wärme frey, wenn Salpetersäure in Sauerstoff und Salpetergas und Licht und Wärme, wenn das Azotchloroid in Chlorgas und Stickgas zerplatzt ꝛc. Kr."

„Der Sauerstoff bildet mit den Metallen entweder basische Oxyde (Salzbasen), oder neutrale Oxyde (Hyperoxyde, weder die Stelle der Basen noch die der Säuren im Salzbildungsprocesse vertretend), oder saure Oxyde (Metallsäuren). Das Chlor oder Halogen giebt auf ähnliche Weise Chloroide oder Haloide und Chlorsäuren; Jode — Jodoide und Jodsäuren ꝛc., Schwefel — *Sulphuroide* ꝛc. Kr."

Eudiometer.

§. 841. Die Kenntniß der atmosphärischen Luft und ihrer Mischung ist für die gesammte Naturlehre von der größten Wichtigkeit. Aber eine genaue Analyse derselben ist eine der feinsten chemischen Arbeiten. Als man ihre wesentlichen Bestandtheile, Oxygen und Azot, kennen gelernt hatte, sann man bald auf Mittel, ihr quantitatives Verhältniß zu finden. Vorzüglich war es interessant, den Oxygengehalt der Luft bestimmen zu können, und man sieht leicht, daß hierzu jeder Stoff gebraucht werden kann, der durch schnelles oder langsames Verbrennen das Oxygen der Luft vollständig absorbirt. Man hat daher nach und nach die Geräthschaften zu diesem Zwecke erfunden, denen man den Namen **Eudiometer** gegeben (von εὔδιος welches die Griechen von einer heitern, reinen, lieblichen Luft brauchen). Die Benennung beruht indessen auf der irrigen Meinung, als ob die Güte und Annehmlichkeit der Luft lediglich von ihrem Gehalte an Oxygen abhängig wäre. **Priestley** war der erste Erfinder eines solchen Instruments. Sein Zersetzungsmittel war das in der Folge zu erwähnende Salpetergas. **Fontana** und **Ingenhouß** haben die Geräthschaft verbessert. **Scheele** bediente sich zu demselben Zwecke eines befeuchteten Gemenges von Eisenfeile und Schwefel, in welchem der Schwefel langsam verbrennt und das Oxygen der Luft absorbirt, deßgleichen des Schwefelkali (Schwe-

felleber). Das letzte Verfahren hat Guyton Morveau verbessert. Lavoisier, Seguin, Reboul empfehlen das Verbrennen des Phosphors. Der Verfasser des gegenwärtigen Werks schlug dazu das Zerfließen des Phosphors in der gewöhnlichen Temperatur vor. Die vollkommenste eudiometrische Geräthschaft verdanken wir dem berühmten Volta, der das Verbrennen des Hydrogengas (Wasserstoffgas, brennbare Luft) zu diesem Zwecke verwendet.

Priestley's Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre. B. I. S. 6. *Fontana* descrizioni ed usi di alcuni instrumenti per misurare la salubrità dell' aria, in Fiorenza 1774. 4.

Ingenhouß Versuche mit Pflanzen. S. 164 ff. Ebendesselben vermischte Schriften. Th. II. S. 27 ff. Joh. Andr. Scherer's Geschichte der Luftgüteprüfungslehre. B. I. II. 1785. 8.

C. W. Scheele's Erfahrungen über die Menge der reinen Luft, die sich in unserer Atmosphäre befindet; in seiner Abhandlung von Luft und Feuer. S. 269 ff. Beschreibung eines neuen Eudiometer, von Guyton Morveau; in Gren's neuem Journal der Physik, B. III. S. 138 ff.

Abhandlung über die Eudiometer, von Seguin; in Gren's Journal der Physik, B. VI. S. 48 ff. Beschreibung eines atmosphärischen Eudiometers, von Heinrich Reboul, im neuen Journal der Physik, B. I. S. 574 ff.

„Von Gren's eudiometrischer Geräthschaft findet man eine Beschreibung in desselben neuem Journal der Physik, B. IV. S. 565. F.“

„Ueber Eudiometer oder richtiger Oxymeter vergl. man noch: über
1) Volta's Eudiometer; Fischer's Beschreib. desselben im Magaz. der Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin. Jahrgang 1810; Gay-Lussac und v. Humboldt's Beob. in Gehlen's N. A. Journal d. Chemie. B. V. S. 55.; Oerstedt's Kritik der Eudiometrie a. a. O. S. 565; Döbereiner's Vereinfach. Isis 1817;
2) Das Phosphoreudiometer: Parrot in Gilbert's Annalen. B. X. S. 198. Böckmann. a. a. O. B. XI. S. 67.
3) Scheele's E.; *de Marty* a. a. O. B. XIX. S. 389; vergl. Gay-Lussac u. v. Humboldt ebendas. B. XX. S. 42.
4) Fontana's E.; Gay-Lussac's Verbesser. a. a. O. B. XXXVI. S. 37.
5) Davy's mit Salpetergas gesättigte Eisenvitriolauflös. a. a. O. XIX. S. 594. Kr.“

§. 842. „Alle diese Eudiometer, das Volta'sche ausgenommen, geben unsichere und veränderliche Resultate; daher hielt man sonst den Oxygengehalt der Luft größer und veränderlicher, als er ist. Nach A. von Humboldt's sehr

sorgfältigen Versuchen mit der Volta'schen Geräthschaft findet man sehr beständig nur 20 bis 21 pro Cent Oxygen in der atmosphärischen Luft. F."

§. 843. Ob man aber gleich durch eudiometrische Mittel die Menge der respirabeln Luft in einer Luftart mit Genauigkeit finden kann, so kann man doch die absolute Güte und Heilsamkeit einer solchen Luft fürs Athemholen dadurch nicht bestimmen. Noch viel nützlicher würde es seyn, wenn wir Mittel hätten, die für unsere Gesundheit und für die Functionen des Lebens nachtheiligen Bestandtheile der Luft, die wir athmen und womit wir umgeben sind, mit Sicherheit und Genauigkeit bestimmen, und so ein Kakometer mit dem Eudiometer verbinden zu können.

§. 844. Das Brennen eines Körpers, wie z. B. einer Kerze, ist ein sicherer Beweis von dem Daseyn der nöthigen Menge der Lebensluft in einer zu prüfenden atmosphärischen Luft; und man kann sich desselben allerdings nützlich bedienen, um wenigstens zu erfahren, ob die Luft, z. B. unterirdischer Gruben, Höhlen und Bergwerke, noch athembar ist.

Säuren.

§. 845. Säuren (Acida) sind verbrannte Materien von einem meist sauren Geschmacke, welche die blaue Farbe verschiedener Pflanzenpigmente in eine rothe verwandeln, und mit den meisten (mehr oder weniger unvollkommen) verbrannten, in ihnen auflöslichen Metallen, oder den Salzgrundlagen (Basen) Salze bilden.

Nicht alle blaue Pflanzenpigmente werden von Säure roth. Man bedient sich als Prüfungsmittel zur Erkennung der Säuren hauptsächlich der Lackmustinctur oder des damit gefärbten Papiers. Jene ist sehr empfindlich gegen Säure, zumal wenn man sie so weit mit reinem Wasser verdünnt hat, daß sie himmelblau wird.

„Die Säuren werden gegen Basen negativ, letztere positiv elektrisch, und in der galvanischen Kette bewegen sie sich dem positiven Pole zu, während die Basen von dem denselben entgegengesetzten,

dem negativen Pole angezogen werden. Vergl. weiter unten das 4. Hauptstück und meine Einleitung in die neuere Chem. S. 76. 89. Kr."

„Die Säuren zerfallen hiernach in Säuren mit einfacher und mit zusammengesetzter Grundlage, und jede dieser Abtheilungen zerfällt wiederum in Sauerstoff-, Fluorin-, Chlor-, Jodin-, Schwefel, Phosphor-, Selen-, Tellur, Blaustoff- und Anthrazothion-Säuren; unter diesen Säuren sind nur die letztern, der Blaustoff und das Anthrazothion als gemischte und zwar aus Kohlenstoff- und Stickstoff zusammengesetzte säurende Bestandtheile bekannt; vergl. oben §. 18.

I. Säuren mit einfacher Grundlage.

A) Sauerstoffsäure.

1) Chlorichte Säure (Acidum chlorosum, *Acide chloreux.*)
2) Chlorsäure (A. chloricum, *A. chlorique*).
3) Jodinsäure (A. jodinicum, *A. jodique*).
4) Azothaltige Säure (A. azothico-nitrosum, *A. azothonitrique*).
5) Salpetrichte Säure (A. nitrosum, *A. nitreux*).
6) Salpetersäure (A. nitricum, *A. nitrique*).
7) Kohlensäure (A. carbonicum, *A. carbonique*).
8) Schweflichte Säure (A. sulphurosum, *A. sulfureux*).
9) Schwefelsäure (A. sulphuricum, *A. sulfurique*).
10) Phosphorichte Säure (A. phosphorosum, *A. phosphoreux*).
11) Phosphorsäure (phosphoricum, *A. phosphorique*).
12) Seleniumsäure (? A. selenicum, *A. selenique*).
13) Arsenichte Säure (A. arsenicosum, *A. arséneux*).
14) Arseniksäure (A. arsenicum, *A. arsénique*).
15) Tantalsäure (A. tantalicum, *A. tantalique*).
16) Scheelsäure (A. scheelicum, *A. tunstique*).
17) Molybdänichte Säure (A. molybdosum, *A. molybdeux*).
18) Molybdänsäure (A. molybdicum, *A. molybdique*).
19) Chromsäure (A. chromicum, *A. chromique*).
20) Stibichte Säure (A. stibosum, *A. antimoineux*).
21) Stibiumsäure (A. stibicum, *A. antimoinique*).
22) Zinnsäure (A. stannicum, *A. etainique*).
23) Uransäure (A. uranicum, *A. uranique*).
24) Titansäure (A. titanicum, *A. titanique*).
25) Mangansäure (A. manganicum, *A. manganique*).
26) Tellursäure (A. telluricum, *A. tellurique*).
27) Zinksäure (A. Zincicum, *A. Zincique*).
28) Bleysäure (A. plumbicum, *A. plombique*).
29) Nickelsäure (A. niccolicum, *A. nickelique*).
30) Kupfersäure (A. cupricum, *A. cuivrique*).
31) Mercursäure (A. mercuricum, *A. mercurique*).

32) Sil

32) Silbersäure (A. argenticum, *A. argentique*).
33) Iridiumsäure (A. iridicum, *A. iridique*).
34) Siliciumsäure (A. silicicum, *A. silique*).

B) Fluorinsäure.

35) Flußsäure (A. hydrofluoricum, *A. fluorique*).
36) Boronflußsäure (A. boracico-fluoricum, *A. borofluorique*).

C) Chlorin- oder Chlorsäuren.

37) Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure, A. hydrochloricum s. muriaticum, *A. hydrochlorique*).
38) Chlorkohlensäure (? phosgenicum, *A. phosgenique*).
39) Chlorphosphorichte Säure (A. chloricophosphorosum, *A. chlorphosphoreux*).
40) Chlorphosphorsäure (A. chloricophosphoricum, *A. chlorephosphorique*).
41) Chlorschwefelsäure (A. chloricosulphuricum, *A. chloresulfurique*).
42) Chlorkaliumsäure (A. chloricokalium, *A. chlorekalique*).
43) Chlorzinnsäure (A. chloricostannicum, *chlorestainique*).
44) Chlorjodsäure (A. chloricojodicum, *A. chlorejodique*).

Jodin- oder Jod-Säuren.

45) Jodwasserstoffsäure (A. hydriodicum, *A. hydroiodique*).
46) Jodphosphorichte Säure (A. jodophosphorosum, *A. jodephosphoreux*).
47) Jodphosphorsäure (A. jodophosphoricum, *A. jodephosphorique*).
48) Jodschweflichte Säure (A. jodosulphurosum, *A. jodesulfureux*).

D) Schwefelsäure.

49) Schwefelwasserstoff-Säure (A. hydrothionicum, *A. hydrosulfurique*).

E) Phosphorsäuren.

50) Phosphorwasserstoff-Säure (A. hydrophosphoricum, *A. hydrophosphorique*).

F) Selen-Säuren.

51) Selenwasserstoff-Säure (A. hydroselenicum, *A. hydroselenique*).

G) Tellursäuren.

52) Hydrotellursäure (A. hydrotelluricum, *A. hydrotellurique*).

H) Blaustoff- oder Cyansäuren.

53) Hydrocyansäure (Blausäure, A. hydrocianicum s. zooticum, *A. prussique*).

dem negativen Pole angezogen werden. Vergl. weiter unten das 4. Hauptstück und meine Einleitung in die neuere Chem. S. 76. 89. Kr."

„Die Säuren zerfallen hiernach in Säuren mit einfacher und mit zusammengesetzter Grundlage, und jede dieser Abtheilungen zerfällt wiederum in Sauerstoff-, Fluorin-, Chlor-, Jodin-, Schwefel, Phosphor-, Selen-, Tellur, Blaustoff- und Anthrazothion-Säuren; unter diesen Säuren sind nur die letztern, der Blaustoff und das Anthrazothion als gemischte und zwar aus Kohlenstoff- und Stickstoff zusammengesetzte säurende Bestandtheile bekannt; vergl. oben §. 18.

I. Säuren mit einfacher Grundlage.

A) Sauerstoffsäure.

1) Chlorichte Säure (Acidum chlorosum, *Acide chloreux.*)
2) Chlorsäure (A. chloricum, *A. chlorique*).
3) Jodinsäure (A. jodinicum, *A. jodique*).
4) Azothaltige Säure (A. azothico-nitrosum, *A. azothonitrique*).
5) Salpetrichte Säure (A. nitrosum, *A. nitreux*).
6) Salpetersäure (A. nitricum, *A. nitrique*).
7) Kohlensäure (A. carbonicum, *A. carbonique*).
8) Schweflichte Säure (A. sulphurosum, *A. sulfureux*).
9) Schwefelsäure (A. sulphuricum, *A. sulfurique*).
10) Phosphorichte Säure (A. phosphorosum, *A. phosphoreux*).
11) Phosphorsäure (phosphoricum, *A. phosphorique*).
12) Seleniumsäure (? A. selenicum, *A. selenique*).
13) Arsenichte Säure (A. arsenicosum, *A. arséneux*).
14) Arseniksäure (A. arsenicum, *A. arsénique*).
15) Tantalsäure (A. tantalicum, *A. tantalique*).
16) Scheelsäure (A. scheelicum, *A. tunstique*).
17) Molybdänichte Säure (A. molybdosum, *A. molybdeux*).
18) Molybdänsäure (A. molybdicum, *A. molybdique*).
19) Chromsäure (A. chromicum, *A. chromique*).
20) Stibichte Säure (A. stibosum, *A. antimoineux*).
21) Stibiumsäure (A. stibicum, *A. antimoinique*).
22) Zinnsäure (A. stannicum, *A. etainique*).
23) Uransäure (A. uranicum, *A. uranique*).
24) Titansäure (A. titanicum, *A. titanique*).
25) Mangansäure (A. manganicum, *A. manganique*).
26) Tellursäure (A. telluricum, *A. tellurique*).
27) Zinksäure (A. Zincicum, *A. Zincique*).
28) Bleysäure (A. plumbicum, *A. plombique*).
29) Nickelsäure (A. niccolicum, *A. nickelique*).
30) Kupfersäure (A. cupricum, *A. cuivrique*).
31) Merkursäure (A. mercurium, *A. mercurique*).

32) Sil

32) Silbersäure (A. argenticum, *A. argentique*).
33) Iridiumsäure (A. iridicum, *A. iridique*).
34) Siliciumsäure (A. silicicum, *A. silique*).

B) Fluorinsäure.

35) Flußsäure (A. hydrofluoricum, *A. fluorique*).
36) Boronflußsäure (A. boracico-fluoricum, *A. borofluotique*).

C) Chlorin- oder Chlorsäuren.

37) Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure, A. hydrochloricum s. muriaticum, *A. hydrochlorique*).
38) Chlorkohlensäure (? phosgenicum, *A. phosgénique*).
39) Chlorphosphorichte Säure (A. chloricophosphorosum, *A. chlorphosphoreux*).
40) Chlorphosphorsäure (A. chloricophosphoricum, *A. chlorephosphorique*).
41) Chlorschwefelsäure (A. chloricosulphuricum, *A. chloresulfurique*).
42) Chlorkaliumsäure (A. chloricokalium, *A. chlorekalique*).
43) Chlorzinnsäure (A. chloricostannicum, *chloreetainique*).
44) Chlorjodsäure (A. chloricojodicum, *A. chlorejodique*).

Jodin- oder Jod-Säuren.

45) Jodwasserstoffsäure (A. hydriodicum, *A. hydroiodique*).
46) Jodphosphorichte Säure (A. jodophosphorosum, *A. jodephosphoreux*).
47) Jodphosphorsäure (A. jodophosphoricum, *A. jodephosphorique*).
48) Jodschweflichte Säure (A. jodosulphurosum, *A. jodesulfureux*).

D) Schwefelsäure.

49) Schwefelwasserstoff-Säure (A. hydrothionicum, *A. hydrosulfurique*).

E) Phosphorsäuren.

50) Phosphorwasserstoff-Säure (A. hydrophosphoricum, *A. hydrophosphorique*).

F) Selen-Säuren.

51) Selenwasserstoff-Säure (A. hydroselenicum, *A. hydroselenique*).

G) Tellursäuren.

52) Hydrotellursäure (A. hydrotelluricum, *A. hydrotellurique*).

H) Blaustoff- oder Cyansäuren.

53) Hydrocyansäure (Blausäure, A. hydrocianicum s. zooticum, *A. prussique*).

54) Cyaneisensäure (? Eisenchyazilsäure, A. ferrocyanicum, *A. ferrocyanique*).

I) Anthrazothionsäuren.

55) Hydro-Anthrazothionsäure (? Schwefelchyazilsäure, Schwefelblausäure, A. hydroanthrazothionicum, *A. hydroanthrazothionique.*).

II. Säuren mit zusammengesetzter Grundlage.

A. Kohlenwasserstoffhaltige

a. Sauerstoffsäuren.

56) Oxalsäure (Kleesäure, Zuckersäure, A. oxalicum, *A. oxalique*).
57) Citronensäure (A. citricum, *A. citrique*).
58) Weinsäure (Weinsteinsäure, A. tartaricum, *A. tartarique*).
59) Schleimsäure (Milchzuckersäure, A. mucosum, *A. muqueux*).
60) Honigsteinsäure (mellititium, *A. mellitique.*)
61) Chinasäure (A. kinicum, *A. kinique*).
62) Aepfelsäure (A. malicum, *A. malique*).
63) Pilzsäure (A. fungicum, *A. fongique*).
64) Milchsäure (A. lacticum, *A. lactique*).
65) Ameisensäure (A. formicum, *A. formique*).
66) Essigsäure (A. aceticum, *A. acetique*).
67) Aethersäure (B. aethericum, *A. aetherique*).
68) Gallussäure (A. gallaceum, *A. gallique*).
69) Mekonsäure (Opiumsäure, meconicum, *A. meconique*).
70) Stocklacksäure (A. laccaceum, *A. gomme-laccique*).
71) Lacksäure (A. laccicum, *A. laccique*).
72) Brenzliche Weinsteinsäure (A. pyrotartaricum, *A. pyrotartarique*).
73) Schwammsäure (A. boleticum, *A. boletique*).
74) Bernsteinsäure (A. succinicum, *A. succinique*).
75) Benzoesäure (A. benzoicum, *A. benzoique*).
76) Camphersäure (A. camphoricum, *A. camphorique*).
77) Korksäure (A. subericum, *A. suberique*).
78) Maulbeerholzsäure (A. moroxylicum, *A. moroxylique*).
79) Gallensteinsäure (A. cholelithicum, *A. cholesterique.*)
80) Talgsäure (A. sebacicum, *A. margarique.*)
81) Oelsäure (A. oleaceum, *A. oleique*).

B) Kohlenstickstoff und Wasserstoffhaltige

a. Sauerstoffsäuren.

82) Amniossäure (A. amnioticum, *A. amniotique*).
83) Harnsäure (A. uricum, *A. urique*).
84) Purpursäure (A. purpuricum, *A. rosacique*).

C) Blaustoffhaltige

a. Sauerstoffsäuren.

85) Oxycyansäure (A. cyanicum, *A. cyanique*).

b. Chlorsäuren.

86) Chlorsäure (A. chlorocyanicum, *A. chlorocyanique*).

D) Weingeisthaltige.

87) Schweflichte Weinsäure oder Schwefelweinsäure, A. prot-oenothionicum, *A. prot-oenothionique*).

88) Schwefelweinsäure (oder zweyte S. W. Säure, A. deutoenothionicum, *A. deut-oenothionique*).

89) Weinschwefelsäure (oder dritte S. W. Säure, A. trit-oenothionicum, *A. trit-oenothionique.*)

90) Geistige Essigsäure (A. spirito-aceticum, *A. spirito-acetique*).

Die Zahl dieser letzteren Säuren, so wie die der vorhergehenden ist wahrscheinlich weit beträchtlicher, als obiges Verzeichniß angiebt, indeß bedürfen die übrigen noch genaue Untersuchung. Außerdem lassen sich mehrere, vielleicht die meisten schon fertigen Säuren noch mit Sauerstoff verbinden, wie Thénard gezeigt hat (Annal. de Chim. et de Phys. T. IX. p. 51. 94), der vorzüglich das vollkommene Bärytoxyd (welches erhalten wird, wenn man gewöhnlichen Aetzbaryt der Einwirkung des Sauerstoffs preis giebt, wo er dann noch eine beträchtliche Menge Sauerstoff einsaugt) oder statt dessen die Zersetzung der Sauerstoffsalzsäure durch Silberoxyd benutzte, um in Salpetersänre, oder Salzsäure, Phosphorsäure, Essigsäure ꝛc. ihn auflösend, und die Auflösung durch Schwefelsäure zersetzend, jene Säuren mit Sauerstoff zu beladen. Es gelang ihm auf diese Weise nicht nur die genannten Säuren, sondern auch die Flußsäure, Schwefelsäure, verschiedene Metalloxyde (besonders die sogen. Alkalien und Erden) und selbst das Wasser mit Sauerstoff zu übersetzen, Verbindungen darstellend, die von den bisher gekannten zum Theil wesentlich verschieden sind . . . Kr."

„Die meisten Säuren zeigen sich (wie oben §. 820. die Phosphorsäure) zusammengesetzt aus einem sogenannten Radical, oder der säurungsfähigen Grundlage (Base acidifiable), die bey jeder Säure anders ist (bey der Phosphorsäure Phosphor), und aus Oxygen (Sauerstoff), welches daher man seit Lavoisier gewöhnlich als das Princip der Säurung (Base acidifiante) betrachtet (§. 828.) F."

§. 846. Es giebt von den Säuren mehrere Arten, die sich durch ihr Verhalten gegen andere Körper wesentlich von einander unterscheiden. Man theilt sie gewöhnlich ein in mineralische, vegetabilische und thierische Säuren; allein manche Säuren sind den Körpern mehrerer Reiche der Natur gemeinschaftlich eigen, und daher werden sie

zweckmäßiger nach ihren Grundlagen und ihren Säuren oder sauer machenden Bestandtheilen geordnet.

§. 847. „Die Zerlegung der Säuren, wie der Salzgrundlagen, erfolgt durch Entziehung des säurenden Stoffes (z. B. des Sauerstoffs der Sauerstoffsäuren) mittelst einer dritten Materie, welche mit demselben sich eint, während die Grundlage der Säure ausgeschieden wird. Z. B. Zerlegung der Phosphorsäure durch Erhitzung mit Kohle, unter Bildung von Kohlensäure und Ausscheidung von Phosphor. — Oefters wird aber auch umgekehrt die Grundlage entzogen, und der säuernde Stoff frei z. B. Zerlegung der Salzsäure durch Sauerstoff, der ihr den Wasserstoff entzieht, damit Wasser bildend und dadurch das Chlorin frei machend. Und durch von entgegengesetzter Richtung her bewirkte Einströmung beyder Elektricitäten, des + E und des — E (z. B. wenn die Säuren zwischen den Polen einer galvanischen Kette oder Säule als Leiter sich befinden) werden beyderley Bestandtheile, die Grundlage und die Säuren frey und ungebunden abgeschieden. Jedoch übernimmt dabey gewöhnlich das mitzerlegte Wasser die Zerlegungsvermittelung, so auch bey denen durch die Elektricitäten zersetzt werdenden Grundlagen. Siehe weiter unten, 4. Hauptstück. Kr.

§. 848. Die meisten Säuren mit zusammengesetzter Grundlage entstammen organischen Körpern, und können zwar in ihre letzten Bestandtheile zersetzt, aber zur Zeit noch nicht wieder zusammengesetzt werden. Säuren mit zusammengesetzten Säurern, z. B. die Blausäure, lassen sich hingegen aus ihren Grundstoffen wieder erzeugen. Kr."

§. 849. Säuren, deren Radical aus einerley Grundstoffen zusammengesetzt ist, unterscheiden sich von einander bloß durch das Verhältniß ihrer Bestandtheile gegen einander, und können daher auch durch Abändernng dieses Verhältnisses in einerley Säure verwandelt werden.

§. 850. Die säurungsfähigen Grundlagen sind eines verschiedenen Grades der Sättigung mit Oxygen fähig. Wenn sie ganz mit letzterm gesättigt sind, so heißen sie **vollkommene Säuren**. In der wissenschaftlichen Nomenclatur endigen sich die Namen der letztern im Lateinischen auf icum, im Französischen auf *ique*. Wenn die säurungsfähigen Grundlagen hingegen noch nicht mit so viel Oxygen gesättigt sind, als sie aufnehmen können, so heißen sie **unvollkommene** oder **unvollständige Säuren**, ob sie gleich nicht immer eine schwächere Acidität zeigen. Ihre Namen sind im Lateinischen auf osum, im Französischen auf *eux* flectirt; im Deutschen habe ich es durch die Flexion auf igt auszudrucken gesucht.

„Wenn eine Grundlage mehr als zwey Säuren mit dem Säurer darstellt, so bezeichnet man die verschiedenen Säuren entweder durch Versetzung von Zahlen z. B. erste, zweite, dritte Salpetersäure, oder nennt eine davon die mittlere, wenn deren drey sind, oder verändert die Stellung der ihre Benennungen ausmachenden Silben, wie ich es in dem Verzeichniß der Säuren z. B. bey der Salpetersäure, bey Schwefelweinsäure ꝛc. gethan habe. Kr."

Salzgrundlagen.

§. 851. Die **Salzgrundlagen** (Bases), **Basen** oder **basischen Metall-Oxyde** (§. 840. letzte Anm.) bilden mit den Säuren Salze, und zerfallen hinsichtlich ihres Verhältnisses zum Wasser, in lösliche und unlösliche. Zu den erstern gehören die Alkalien und die Alkaloide, zu den letzteren die Erden und die basischen Oxyde der schweren Metalle (vergl. 70.) Kr."

§. 852. Die **Alkalien** (Alcalia) oder **Laugensalze** schmecken scharf und urinös, machen die blaue Farbe verschiedener Pflanzenpigmente grün, die rothe violett oder blau, und die gelbe braun; sie stellen die durch Säuren rothgemachten blauen Pigmente wieder in ihrer vorigen Farbe dar, so wie die Säuren hinwiederum die Wirkungen der Alkalien darauf aufheben.

§. 853. Nicht alle blauen Pflanzenpigmente werden von Alkalien grün, so wie z. B. nicht das Lackmus. Man bedient sich als Reagentien für die Alkalien des blauen Violensyrups, des mit Fernambuc roth, und des mit Curcuma oder mit Rhabarber gelbgefärbten Papiers, der durch eine ganz schwache Säure rothgefärbten Lackmustinctur, der rothen Alkannatinktur, „der Heidelbeertinctur und der Rosentinctur, welche durch dieselben grün gefärbt wird. Kr."

§. 854. In der Natur treffen wir die Salzgrundlagen nicht rein an, sondern immer in Verbindung mit andern Substanzen, z. B. mit Kohlensäure und andern Säuren. Die Kunst muß sie davon erst scheiden. Hier ist nur die Rede von den reinen Alkalien, die man wegen ihrer auflösenden Kraft auf das Zellgewebe und die Faser auch ätzende Alkalien (Alcalia caustica) nennt, „und deren brennbare Grundlagen die ersten der S. 69 aufgeführten leichten Metalle sind. Kr."

§. 855. Wir kennen sieben Arten der Alkalien: „1) Ammoniak oder flüchtiges Alkali (Ammomiacum s. Alcali volatile), 2) Kali oder Pflanzenalkali (Kali s. Alcali vegetabile), 3) Natron oder Thieralkali (Natron s. Soda s. Alcali animale) 4) Lithon oder Steinalkali (Lithion s. Alcali minerale), 5) Baryt (oder Schwererde Barytum s. Baryta s. Terra ponderosa), 6) Strontian oder Strontianerde (Strontium s. T. strontiana) und 7) Kalk Calx s. Calcaria). Letztere drey werden auch erdige Alkalien genannt. Das Ammoniak ist, ohne Beymischung des Wassers, gasförmig (Ammoniakgas) seine wahrscheinlich metallische Grundlage ist zur Zeit noch nicht für sich dargestellt worden. Durch chemische Zerlegung zerfällt es zunächst in 1,8 Gewichtstheile Stickstoff und 0,390 Wasserstoff. Die übrigen Alkalien bilden mit dem Wasser theils feste, krystallinische, theils flüssige Hydrate. Kr." Wegen ihrer Eigenschaft begreift man

die letzteren auch unter dem gemeinschaftlichen Namen der feuerbeständigen Alkalien (Alcalia fixa), und nennt das erstere flüchtiges Alkali (Alcali volatile).

§. 856. „Wenn man zu einer flüssigen Säure in kleinen Portionen flüssiges Alkali gießt, so erhält man in jedem Falle eine ganz gleichartige Mischung beyder. Anfänglich wirkt diese Mischung immer noch als Säure, aber die Wirkung wird schwächer, je mehr Alkali hinzukommt. Endlich tritt ein Punkt ein, wo alle saure Wirkung verschwunden, aber auch keine alkalische Wirkung sichtbar ist; dieß ist der Punkt der Neutralität. Fährt man fort, Alkali zuzusetzen, so fängt die Mischung an, alkalisch zu wirken, und dieß um so stärker, je mehr man zusetzt. Säuren und Alkalien sind also in allen Verhältnissen mischbar, aber nur bey einem ganz bestimmten Verhältnisse ist die Mischung neutral. Im neutralen Zustande sind die meisten Salze krystallisirbar. Doch giebt es einige, die auch bey einem Ueberschusse von Säure (wie Weinstein und Kochsalz), andere, die bey einem Ueberschusse des Alkali krystallisiren (wie Borax). F."

§. 857. „Hinsichtlich der Wirkung gegen reagirende Pigmente und gegen die Säuren ähnlich, verhalten sich die Alkaloide (Alcaloida, Pseudo-Alcalia) d. h. aus organischen Körpern stammende, Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu Bestandtheilen habende, der Neutralisation durch Säuren fähige, bey hoher Temperatur zerstörbare, meist giftige Salzgrundlagen. Sie sind in den neuesten Zeiten entdeckt, und die Zahl derselben wächst täglich. Eines der ausgezeichnetsten ist das im Opium vorkommende Morphium. Die übrigen (z. B. das Strychnin, Delphinin rc.) bedürfen noch erst der genaueren Untersuchung. Gilbert's Ann. B. LV, S. 61. B. LVII. S. 152. 163. B. LIX. S. 50. — Kastner's Berlin. Jahrb. für die Pharmacie rc. XVIII. XIX. und XX. Jahrg.

§. 858. **Erden** (Terrae) sind unentzündliche, feuerbeständige Körper, die sich ohne Zwischenmittel in Wasser nicht auflösen lassen. Wir kennen gegenwärtig sechs verschiedene Erden: 1) **Talkerde**, 2) **Thonerde**, 3) **Beryll- oder Glycinerde**, 4) **Zirkonerde**, 5) **Yttererde** und 6) **Thorinerde**.

„Ihre metallischen Grundlagen sind die übrigen leichtern Metalle (oben S. 69.) mit Ausnahme des Silicium. Kr."

§. 859. Einige Erden, namentlich Zirkonerde, lösen sich schwer oder gar nicht in Säuren auf; noch andere, namentlich Thonerde, Glycinerde und Yttererde, lösen sich zwar leicht in Säuren auf, neutralisiren sie aber nicht. Die Verbindung einer Säure mit einer Erde hieß sonst **erdiges Mittelsalz** (Sal medium terrestre).

§. 860. „Die **Talkerde** nähert sich unter allen am meisten den Alkalien, indem sie unter andern auch Säuren vollständig zu neutralisiren vermag. Kr."

§. 861. „Die meisten Verbindungen der Säuren mit Erden sind bey jedem Überschusse der Erde, vom Neutralitätspunkte an entweder krystallisirbar, oder schwer-auflöslich, oder unauflöslich. F."

§. 862. „Die **Kieselerde** verdient ihrer sauren Natur wegen, gleich der **Tantalerde** den Säuren zugezählt zu werden; denen ich sie daher auch beygeordnet habe. Kr."

§. 863. „Wenn Salze, die aus Säuren mit Alkalien oder Erden bestehen, im flüssigen Zustande gemischt werden, so erhält man eine einzige homogene Mischung, so lange der flüssige Zustand bleibt. Vermindert man aber das Auflösungsmittel (das Wasser) durch Verdunsten, so scheiden sich allmählig in bestimmbarer Ordnung Neutral- und Mittelsalze ab; und das Hauptgesetz, welches diese Scheidungen befolgen, ist dieses: **daß die am schwersten auflöslichen Mittel sich zuerst ausscheiden.** F."

„*Berthollet* recherches sur les loix de l'affinité. Berthollet über die Gesetze der Verwandtschaft, Berlin 1802. S. 150 ff. F."

So unschmelzbar die Kieselsäure (Kieselerde, Acidum Silicicum, Silicea, *Silice*) für sich im Feuer ist, so leichtflüssig wird sie durch Beyhülfe der feuerbeständigen Alkalien („mit denen sie eigenthümliche, meist schwer- oder unlösliche Salze bildet. Kr.). Diese lösen sich im Schmelzfeuer auf, und verbinden sich mit ihr zu einem neuen Producte, dem Glase.

Das Glas (Vitrum) ist also eine Zusammensetzung aus feuerbeständigem Alkali und Kieselerde. Die letztere erlangt durch ersteres Schmelzbarkeit, und das Alkali verliert dagegen seine Auflöslichkeit in Wasser und Säuren. Je mehr man Alkalien zum Glase nimmt, desto weicher und schmelzbarer wird das Glas, desto weniger widersteht es aber der Einwirkung des Wassers und der Säuren. Die Güte des Glases hängt von der Reinigkeit der Ingredienzien, von dem gehörigen Verhältnisse derselben gegen einander, und von dem dünnen und anhaltenden Flusse beym Schmelzen ab.

§. 864. „Basische Oxyde schwerer Metalle. Sie verhalten sich zu den Säuren analog den Erden, sind zum Theil ziemlich flüchtig, schmelzbar und häufig mehr oder weniger gefärbt. Ihre Auflösungen in Säuren werden größtentheils durch eingesenkte, leicht oxydirbare Metalle, theils auch durch Schwefelwasserstoff, oder Phosphorwasserstoff, oder auch blausaure Alkalien, oder durch flüssigen Gerbestoff zersetzt, und im ersteren Falle häufig die Metalle derselben für sich (regulinisch), in den übrigen Fällen, in Verbindung mit Schwefel, oder Phosphor, oder Blaustoff, oder Gerbestoff niedergeschlagen; jedoch kommen hierin bey einzelnen basischen Oxyden schwerer Metalle Ausnahmen vor. Mehrere dieser Oxyde bilden mit dem Wasser ebenfalls Hydrate. Kr."

„So giebt z. B. Eisen, Mangan, Nickel, Titan, Kobalt und Cererium mit Schwefelwasserstoff keinen Niederschlag, wenn sie von Materien aufgelöst gehalten werden, die schwächer sind als die Mineralsäuren. Kr"

„Nicht alle schwere Metalle geben mit dem Sauerstoffe basische Oxyde; z. B. Arsenik und Scheel geben nur neutrale Oxyde und Säuren. Kr."

„Das weiße Bleyhydrat (oder Hydrat des Bleyoxyds) ist nach Scheele in Wasser löslich. Vergl. Berlin. Jahrb. B. XIX. S. 214. Kr."

§. 865. Salze (Salia). Sie sind entweder neutrale, oder saure oder basische Verbindungen der Salzgrundlagen mit Säuren. Im ersteren Falle sind die sau-

ren und basischen Beschaffenheiten im chemischen Gleichgewichte oder ausgeglichen, im zweiten waltet Säure, im letzten Base vor. Sie sind entweder luftbeständig, oder sie verlieren durch Luft und Wärme Krystallwasser und verwittern, oder ziehen Feuchtigkeit aus der Luft an und zerfließen. Sie bestehen nur in bestimmten quantitativen Verhältnissen ihrer näheren Bestandtheile, nehmen meistentheils eigenthümliche Krystallformen an und sind so zahlreich, als es verschiedene Salzgrundlagen giebt, deren gewöhnlich jede einzelne mit jeder einzelnen der verschiedenen Säuren, ein verschiedenes Salz darstellt. Kr."

Einfache verbrennliche Stoffe.

§ 866. „Sollten auch die brennbaren Stoffe, nach der oben (§. 812. Anm. 4) vorgetragenen Hypothese, aus der Basis des Lichts oder dem Brennstoffe und ihrer eigenen Grundlage zusammengesetzt seyn, so kann man doch die entzündliche Substanz einfach nennen, wenn ihre Grundlage nicht weiter zersetzt werden kann, indem man auf den Brennstoff in chemischer Hinsicht nicht weiter Rücksicht zu nehmen braucht (§. 834.) F."

§. 867. „Im engern Sinne kann man nur folgende sechs Stoffe einfache brennbare Stoffe nennen: 1) Phosphor, 2) Hydrogen oder Wasserstoff, 3) Kohlenstoff, 4) Boron, 5) Schwefel, 6) Selenium. Es giebt aber noch einige Stoffe, die man im weitern Sinne mit dazu rechnen kann: nehmlich 7) Chlorin, 8) Jodin, 9) Fluorin (?), 10) Azot oder Stickstoff, und 11) alle Metalle, unter denen einige, wie z. B. Zink (und die leichten Metalle sämmtlich), in der Glühehitze im eigentlichsten Sinne, und zum Theil selbst mit einer Flamme brennen. F."

Wasser.

§. 868. Das Wasser ist keine einfache Substanz, wie man sonst glaubte, sondern kann in ungleichartige Bestandtheile zerlegt und wieder daraus zusammengesetzt werden.

§. 869. Man schütte Wasser in eine kleine gläserne Retorte, lege sie in ein Sandbad, kitte ihren Hals in einen eisernen Flintenlauf, in dessen Mitte man noch spiralförmig gewundenen Eisendrath und eiserne Nägel gebracht hat; man bringe das untere, ebenfalls offene Ende des Laufs unter den Trichter der mit Wasser gefüllten pneumatischen Wanne, mache seinen mittlern Theil durch Kohlen glühend, und erhitze das Wasser in der Retorte bis zum Kochen. So wie nun die Dämpfe des kochenden Wassers durch den glühenden Theil des eisernen Rohres streichen, verwandeln sie sich in eine Gasart, welche entzündlich ist und sich charakteristisch von andern Luftarten unterscheidet.

§. 870. Um aber die Veränderungen, die das Wasser bey der Erzeugung dieser Gasart erleidet, besser bestimmen, und Schlüsse daraus auf die Mischung des Wassers ziehen zu können, stelle man den vorigen Versuch auf folgende Weise an. Man nehme eine beschlagene Röhre aus hartem Glase, bringe in die Mitte ihrer Höhlung 274 Gr. (franz.) spiralförmig gewundenen Eisendrath, kitte in die obere Mündung derselben den Hals einer kleinern gläsernen Retorte, in die man zwey Unzen destillirtes Wasser geschüttet hat, und lege sie in ein Sandbad. Den mittlern Theil der Röhre, wo das Eisen liegt, lasse man durch ein Kohlenbecken etwas geneigt treten, und kitte ihr unteres Ende in eine Mittelflasche, die in kaltem Wasser steht, und aus der eine Leitungsröhre unter den Trichter der pneumatischen Wanne tritt. Man mache die Glasröhre in der Mitte nach und nach glühend, bringe dann das Wasser in der Retorte zum Kochen, und nöthige so seine Dämpfe, durch das glühende Eisen zu streichen, wo sich dann auch

das erwähnte Gas erzeugt. Man erhält, wenn alles gut gelingt, nach Abzug der atmosphärischen Luft der Gefäße, etwa 416 Cubikzoll (paris.) von dieser brennbaren Luft, die 15 Gr. (franz.) wiegen. Das Eisen in der Retorte ist verändert und wie verbrannt; es ist brüchig und spröde geworden, und wiegt nun 85 Gran mehr, als vor der Operation. Das in der Mittelflasche gesammelte Wasser beträgt, wenn alles überdestillirt ist, 100 Gr. weniger, als das zur Operation angewendete.

Lavoisier traité élémentaire, T. I. S. 92 ff.

§. 871. Das erhaltene Gas heißt aus Gründen, die sogleich erhellen werden, **Hydrogengas** oder **Wasserstoffgas** (Gas hydrogenium, *Gaz hydrogène*), sonst **brennbare, entzündbare Luft** (Aër inflammabilis). Es ist die leichteste von allen Gasarten, besitzt einen unangenehmen Geruch, doch, je reiner es ist, desto schwächer, ist irrespirable, und löscht ein hineingebrachtes Licht aus; sonst aber ist es selbst brennbar, und läßt sich entzünden, wenn Oxygengas oder atmosphärische Luft Zugang hat. So brennt es an der Mündung einer Flasche, worin es enthalten ist, nach dem Anzünden mit einer Flamme, die desto schneller in das Gefäß hinabsteigt, je weiter die Mündung der Flasche ist. Wenn man eine mit diesem Gas gefüllte Glasglocke aus dem Sperrwasser hebt, so kann man von unten her das Gas darin ebenfalls anzünden. Vermischt man das Gas in einem Gefäße mit zwey- bis dreymal so viel (dem Volum nach) atmosphärischer Luft, so verbreitet sich die durch eine brennende Kerze an der Mündung der Flasche verursachte Entzündung im Momente durch den ganzen Raum, und es entsteht eine starke Explosion, die noch stärker ist, wenn man einen Theil reines Oxygengas mit zwey Theilen Hydrogengas (dem Volum nach) vermischt hat. Man unternimmt diese Explosion am sichersten in einer Flasche aus elastischem Harze, oder noch leichter in Seifenblasen Auch durch den elektrischen Funken lassen sich diese Vermi-

schungen anzünden. — Sonst wird das Wasserstoffgas weder vom Wasser, noch von Alkalien oder Kalkwasser, eingesogen oder geändert.

§. 872. Da bey dem Processe der Erzeugung dieses Gas (§. 870.) die Gewichtszunahme des rückständigen Eisens, zu dem Gewichte des erhaltenen Gas addirt, dem Gewichte des dabey verschwundenen Wassers gleich ist: so folgt ganz natürlich, daß dieses Wasser theils zur Veränderung jenes Eisens, theils zur Bildung des Gas verwendet worden seyn müsse. Die Veränderungen, die das Eisen durch die Wasserdämpfe beym Glühen erlitten hat, sind ganz dieselbigen, als wenn es in Oxygengas verbrennt (§. 825.): folglich muß Oxygengas an dasselbe getreten seyn, und dieses muß einen Bestandtheil des Wassers ausmachen. Da die Gewichtszunahme des Eisens hierbey, zu dem Gewichte des erhaltenen brennbaren Gas addirt, dem Gewichte des verschwundenen Wassers gleich ist, so muß die ponderable Basis dieses Gas den andern Bestandtheil des Wassers ausmachen. Weil also das Wasser aus Oxygen und dieser ponderabeln Basis des brennbaren Gas zusammengesetzt ist, so hat man eben deßhalb der letztern den Namen **Hydrogen** oder **Wasserstoff** (Hydrogenium, *Hydrogène*) gegeben.

Lavoisier traité élém. S. 91 ff

§. 873. Das Wasser besteht demnach aus Oxygen und **Hydrogen**, und zwar, dem angeführten und andern Experimenten zu Folge, aus 0,85 des erstern und 0,15 des letztern. „Neueren Untersuchungen zu Folge aus 0,133 (nach Anderen aus 0,125) **Wasserstoff** und 1 Gewichtstheil Sauerstoff, oder 1000 Gewichtstheile Sauerstoff und 133 Theile Wasserstoff bilden 1133 Theile Wasser. Kr."

§. 874. Die Theorie des angeführten Processes (§. 869.) ist folgende. In dem elastischen Wasserdunste hängen die beyden Bestandtheile desselben mit geringerer

Kraft zusammen, und das Oxygen desselben findet in dem durch das Glühen erweichten Eisen eine geschwächte Cohäsionskraft zu überwinden. Da nun die Verwandtschaft des Eisens zu Oxygen so stark ist, daß es selbst in der gewöhnlichen Temperatur die Feuchtigkeit, obgleich langsam, zersetzt, so muß diese Zersetzung in der Glühehitze weit rascher vor sich gehen. Es trennt sich also das Oxygen vom Hydrogen; jenes tritt an das Eisen und oxydirt dasselbe, dieses geht als Gas über. F."

„Die hier gegebene Erklärung beruht auf lauter unstreitigen Thatsachen. Hypothetisch kann man hinzusetzen: das Hydrogen des Wassers verbinde sich mit einer gewissen Menge des zuströmenden Wärmestoffs, und werde dadurch zum Gas. Nach des Verfassers Hypothese muß ferner das Eisen, als brennbarer Körper, Brennstoff enthalten. Man kann also sagen: das Eisen lasse ihn bey der Oxydirung fahren, und das Hydrogen nehme ihn auf, und werde dadurch selbst ein brennbarer Stoff. F."

„Beyde von entgegengesetzter Richtung her einströmende Elektricitäten zersetzen das Wasser in beyde freye Bestandtheile, eben so erhält auch Eisen durch Berührung des Wasserdampfs + E, während dem Dampfe — E bleibt und beyde E zersetzen auch hier das Wasser. Kr."

§. 875. Die völlige Ueberzeugung von dieser aus analytischen Versuchen gezogenen Schlußfolge gewährt die Synthesis des Wassers, oder die Wiedererzeugung desselben aus Hydrogengas und Oxygengas. Läßt man nehmlich beyde Gasarten, in dem Verhältnisse von 15 Theilen (oder vielmehr 12 Theilen) des Hydrogengas zu 85 Theilen (oder vielmehr 88 Theilen) des Oxygengas (dem Gewichte nach), in einem eingeschlossenen Raume verbrennen: so werden beyde Luftarten zerstört, und es bildet sich wieder Wasser, das dem Gewichte nach 100 Theile beträgt.

Mémoire sur la combustion du gaz hydrogène dans des vaisseaux clos, par M. *Fourcroy*, *Vauquelin* et *Séguin*; in den *Annales de chimie*, T, VIII. S. 230 ff. T. IX. S. 50 ff.

§. 876. Um dieses Verbrennen mit gehöriger Bequemlichkeit und mit genauer Schätzung der dabey verzehrten Gasarten vornehmen zu können, hat man eigene Vorrichtungen eingeführt, die den Namen der Gazometer

führen. Der von van Marum dazu vorgeschlagene Apparat ist zu genauen Versuchen der einfachste und bequemste.

Lavoisier traité élém.. T. II. S. 242 ff. Ueber die Apparate zur Wasser- und Säurenerzeugung, und ihre vortheilhaftern Einrichtungen, von Succow; in Crell's chem. Annalen, 1791. B. I S. 463 ff. Beschreibung eines sehr einfachen Gazometers, von van Marum; in Gren's Journal der Physik, B. V. S 154 ff. B. VI S. 3 ff. Beschreibung eines Gazometers oder Luftmessers und einiger damit angestellten Versuche, von v. Hauch; in Gren's neuem Journal der Physik, B. II. S. 1 ff.

§. 877. „Man kann nicht sagen, daß Oxygen- und Hydrogen, zusammengebracht, gleichsam nur ein mechanisches Gemenge bildeten: denn zwey Flüssigkeiten, von denen die eine dreyzehn- bis vierzehnmal schwerer als die andere ist, müßten sich sehr bald durch die bloße Ruhe wieder von einander absondern, wenn sie sich nicht wirklich chemisch vermischt und durchdrungen hätten. Wenn also beyde Gasarten im gehörigen Verhältnisse gemischt sind, so hat man in dem Gefäße in der That eine chemische Mischung derselben ponderabeln Stoffe, aus welchen das Wasser besteht. Da aber diese Mischung dennoch nicht Wasser ist, und erst durch die Entzündung, also unter freywerdender Hitze und Licht, zu Wasser wird, so ist es unläugbar, daß Wärmestoff und Lichtstoff bey dieser Veränderung eine Rolle spielen; und es ist eine sehr natürliche, sich gleichsam von selbst darbietende Vorstellung, daß beyde vorher im Gas gebunden vorhanden waren. F."

„Noch bestimmter sagt man nach Lavoisier, daß der Wärmestoff beyder Gasarten und der im Oxygengas enthaltene Lichtstoff zu Feuer zusammentreten; nach Gren: daß der Brennstoff des Hydrogengas, und der Wärmestoff beyder, sich zu Lichtstoff verbinden, welches, nebst freywerdendem Wärmestoff, die Erscheinung der Entzündung erkläre. — Geschieht aber die Entzündung durch den elektrischen Funken, so giebt keine dieser Hypothesen einen recht deutlichen Grund an, woher im Augenblicke so viel Wärme komme; und die Zersetzung des Wassers durch die Volta'sche Säule beweiset sehr deutlich, daß auch die Elektricität bey diesem Processe eine große Rolle spiele. F."

„Man vergl. hiemit oben §. 841. Anm. Kr."

§. 878. „Nach Maaßtheilen besteht das Wasser aus 2 Volumtheilen Wasserstoffgas und 1 Volumtheil Sauerstoffgas. Wenn ein paris. Cubikfuß kalten Wassers 70 Pfd. wiegt, so erhält er fast $8\frac{1}{4}$ Pfund Wasserstoff und über $61\frac{3}{4}$ Pfund Sauerstoff. Kr."

§. 879. Das Hydrogengas kann aus dem Wasser noch auf mehrere andere Arten dargestellt werden, als auf die (§. 870.) angezeigte Weise. Wenn man nehmlich mit Wasser verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure auf Eisenfeile oder Zink gießt, so wird durch diese Metalle unter Einwirkung der Säure das Wasser ebenfalls zerlegt; sie nehmen das Oxygen des Wassers auf, und werden im oxydirten Zustande von der Säure aufgelöset, und das dadurch freygewordene Hydrogen entweicht als Gas. Man schütte zu dem Ende gekörnten oder in Stücke gebrochenen Zink in eine Entbindungsflasche (§. 611.) und gieße darauf ein Gemisch aus 1 Theile Vitriolöl und 6 Theilen Wasser. Die Auflösung geschieht mit mäßiger Lebhaftigkeit und Aufbrausen. Das sich entwickelnde Gas fange man vermittelst des übrigen pneumatischen Apparats durch Wasser hindurch auf.

§. 880. Wenn man die Erzeugung des Hydrogengas nach der eben (§. 879.) angezeigten Weise in einer kleinen Flasche aus starkem Glase vornimmt, die man mit einem Korkstöpsel verschlossen hat, durch welchen eine enge zulaufende Glasröhre vertical gesteckt ist, aus der das Gas hervortreten kann; dann diesen hervortretenden Strom des Gas anzündet, nachdem man sicher ist, daß keine atmosphärische Luft mehr im Glase eingeschlossen ist, und über die Flamme des brennenden Gas die Mündung eines Glaskolbens oder eines oben geschlossenen Glascylinders hält; so entsteht ein schneidender Harmonica-Ton. Die Luft, welche hierbey in das Gefäß strömt, in welchem das Oxygengas zersetzt wird, bewirkt hierbey die klingende Erschütterung.

„Bren-

„Brennender Aetherdampf zeigt unter ähnlichen Bedingungen ein ähnliches Verhalten. Kr.“

§. 881. Das Wasser kann nur dann zerlegt werden, wenn es mit einer Materie in Berührung kommt, die Anziehung zu seinem Oxygen hat, und zwar eine stärkere, als die ist, welche das Hydrogen gegen das Oxygen besitzt. Deßhalb wird das Wasser beym Durchgange durch glühendes Glas, Gold, Silber, Porzellan, und überhaupt durch unverbrennliche Körper, nicht zerlegt, sondern bleibt Wasser.

Chemische Versuche über die Bestandtheile und die Zerlegung des Wassers, von v. Hauch in Gren's Journal der Physik, B. VIII. S. 27 ff.

§. 882. Man kennt bis jetzt noch keinen Körper, der das Wasser dadurch zerlegte, daß er das Hydrogen desselben stärker anzöge, als dieses vom Oxygen angezogen wird. Die Natur scheint aber diesen Weg bey der Vegetation der Pflanzen einzuschlagen, die im Sonnenlichte das Wasser zersetzen, das Hydrogen daraus in sich nehmen und sich als Bestandtheil zueignen, und das Oxygen frey machen, das als Oxygengas sich aus den Blättern entwickelt.

„Wäßriges Chlorin dem Sonnenlichte ausgesetzt, entbindet den Sauerstoff des Wassers, während es mit dem Wasserstoff desselben Salzsäure erzeugt. Kr.“

§. 883. Man bringe zu dem Ende in einen geräumigen Glascylinder oder Glaskolben eine im Wasser eine hinlängliche Zeit ausdauernde gesunde und saftreiche Pflanze, fülle das Gefäß mit reinem Wasser ganz voll, decke es mit einer Tasse oder Schüssel zu, kehre es in einer Wanne mit Wasser so um, daß keine Luft von außen hineinkomme. Wenn man nun hierauf den Apparat an die Sonne stellt, so nimmt man wahr, daß aus der Fläche der Blätter Luftbläschen zum Vorschein kommen, die sich davon ablösen, nach oben in das Gefäß aufsteigen und sich sammeln, und so das Wasser heraustreiben. So lange die Pflanze frisch und gesund bleibt, dauert die Entwickelung des Oxygengas im Sonnenlichte fort. Die saftigen Pflanzen, die Wasser-

pflanzen, die kryptogamischen Pflanzen, wie besonders Conferva rivularis, die Priestleysche grüne Materie, geben das Oxygengas hierbey in vorzüglicher Menge.

Joh. Ingenhouß Versuche mit Pflanzen, wodurch entdeckt worden, daß sie die Kraft besitzen, die atmosphärische Luft beym Sonnenscheine zu reinigen, und im Schatten und des Nachts über zu verderben; aus dem Engl., Leipzig 1780. 8. Wien. Th. I—III. 1785—1790. 8. Einige Bemerkungen über die Oekonomie der Pflanzen; in Ingenhouß verm. Schr. B. I. S. 541 ff. Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois règnes de la nature, et surtout ceux du regne végétal, par J. Sennebier, à Genève 1782. T I. III. 8. Joh. Sennebier's physikalisch chemische Abhandlungen über den Einfluß des Sonnenlichts auf alle drey Reiche der Natur; a. d. Franz. Th. I—IV. Leipzig 1785. 8. Ebendesselben Expériences sur l'action de la lumière solaire pour la végétation. à Génève 1788. 8.

„Gehlen's N. A. Journ. B VIII. S. 292. B. IX. S. 150, 156. Schweigger's Journ. B. II. S. 28. Kr."

§. 884. Die Blätter absorbiren kohlensaures Gas und erhalten ein gleiches Maaß Sauerstoff, bei einwirkenden Sonnenlichte. Mit der Exhalation des Sauerstoffs tritt das Grünwerden der Pflanze, ihre Riechbarkeit und Würzigkeit ein, und nimmt damit zu.

§. 885. Das Hydrogen ist einfach und bis jetzt unzerlegt. Es macht nicht nur einen Bestandtheil des Wassers aus, sondern geht in die Mischung der Erdharze, des Alcohols, und aller und jeder nähern Bestandtheile der Körper des Gewächsreiches und Thierreiches ein.

§. 886. Das Wasser kommt in der Natur in einer dreyfachen Form vor; als festes Wasser, oder Eis; als liquides, oder eigentliches Wasser; und als ausdehnsam-flüssiges oder Wasserdunst.

§. 887. Das liquide Wasser ist im Zustande seiner Reinigkeit eine farbenlose, durchsichtige, unschmackhafte, geruchlose, unentzündliche Flüssigkeit, die allerdings etwas Elasticität besitzt und compressibel ist, wie Zimmermanns, Abichts und Oersted's Versuche, die Fortpflanzung des

Schalles durch das Wasser, und das Abspringen harter Körper von demselben beweisen.

Vergl. §. 150.

§. 888. Das Wasser hat seine Flüssigkeit nur von der Wärme (§. 137. 571.), und es gehört zu den sehr schmelzbaren Substanzen. Bey Verminderung der freyen Wärme unter 32° Fahr. wird es fest oder zu Eis, wobey es dann wieder den vorher latent gemachten Wärmestoff entläßt. Die Entstehung des Eises ist eine Krystallisation (§. 144.). Es nimmt dabey unter den gehörigen Umständen eine regelmäßige Gestalt an, und bildet sich gewöhnlich in Nadeln, die unter einem Winkel von 60° sich durchkreuzen. Daher die sechszackige Figur des Schnees.

§. 889. Bey diesem Gefrieren des Wassers entwickeln sich die Luftarten, die im Wasser aufgelöst waren, als kleinere oder größere Blasen, die in der Masse des Eises zerstreut sind. Diese bringen dadurch manchmal sehr besondere Erscheinungen hervor, und von der Menge derselben hängt auch die größere oder geringere Undurchsichtigkeit des Eises ab. Merkwürdig ist es, daß auch gekochtes und von Luft befreyetes Wasser beym Gefrieren doch dergleichen Blasen zeigt. Sollte hier wohl nicht, nach Lichtenbergs Meinung, die Entwickelung der im Wasser latent gewesenen Wärme durch Verwandlung einiger Theile derselben in ausdehnsamen Dunst an der Entstehung dieser Blasen Antheil haben können?

§. 890. Das Wasser dehnt sich beym Gefrieren in einen größern Raum aus. Dieß rührt theils und hauptsächlich von der Anziehung seiner Theile her, vermöge welcher sie beym Krystallisiren eine bestimmte Lage anzunehmen streben; theils von den entwickelten Luft- oder Dunstblasen. Von dieser Ausdehnung des Eises bey seiner Entstehung aus dem Wasser ist es herzuleiten, daß gläserne Flaschen, die mit Wasser gefüllt und verschlossen sind, beym

Gefrieren des Wassers zerspringen, und daß dadurch selbst eiserne Bomben mit großer Gewalt zersprengt, Bäume und Felsen von einander gerissen, und das Pflaster auf den Straßen gehoben werden kann. Davon rührt es auch her, daß das Eis ein geringeres specifisches Gewicht hat, als das Wasser, und auf dem Wasser schwimmt.

ii Versuche über die ausdehnende Kraft des gefrierenden Wassers, angestellt von Edw. Williams; in Gren's neuem Journal der Physik, B. VII. S. 281 ff.

§. 891. Merkwürdig ist es, daß das Wasser eine etwas stärkere Kälte ertragen kann, ohne zu gefrieren, wenn es in genau zugestopften Gefäßen der Kälte ausgesetzt wird, als beym Zugange der freyen Luft. Eine mäßige Erschütterung bringt aber dieses Wasser (oder vielmehr einen Theil desselben) augenblicklich zum Gefrieren, und gewöhnlich zu einer schäumigen mit vielen Luftblasen angefüllten Masse. Auch wenn die Oberfläche des Wassers mit Oel bedeckt ist, so kann es, ohne zu gefrieren, eine stärkere Kälte ertragen, als das Wasser, das der freyen Luft ausgesetzt ist, und wird ebenfalls durch Umrühren oder Schütteln hernach schnell zu Eise. Sollte hierbey wohl nicht die nöthige Entwickelung der verborgen gewesenen Wärme länger zurückgehalten werden, als bey Berührung der freyen Luft? Die Ursache, warum feste Salze das Gefrieren des Wassers hindern, worin sie aufgelöset sind, und schwache Salzlaugen durch den Frost concentrirt werden können, indem nur das Wäßrige gefriert, erhellet aus dem oben (§. 618—621.) Angeführten. Sie verschlucken nehmlich eine größere Menge von Wärmestoff, und halten ihn stärker zurück, als bloßes Wasser, das ohne Ausscheidung dieser größern Menge der unmerkbaren Wärme nicht gefrieren kann. Die Rückkehr des Eises zum tropfbaren Wasser oder das Aufthauen desselben, geschieht durch die Aufnahme des freyen Wärmestoffes, der dadurch, daß er dem festen Wasser Flüssigkeit ertheilt, wieder unmerkbar wird.

Der Verfasser erwähnt hier nicht den sehr lehrreichen Umstand, daß in dem Augenblicke, wo ein solches unter den Frostpunkt er-

kältetes Wasser friert, ein hineingesetztes Thermometer allezeit auf den Frostpunkt steigt. F."

„Ueber die Zunahme der Ausdehnung des Wassers beym Erkälten unter $5\frac{1}{4}$° R. (als der Temperatur seiner größten Dichte) bis zum Gefrierpunkte vergl. m. Einleit. in d. n. Chemie. S. 279. Kr."

§. 892. Auch ohne zu gefrieren ist das Wasser vermögend, durch innige Verbindung mit festen Körpern in den Zustand der Festigkeit und der mehrern Feuerbeständigkeit überzugehen, wie das Krystallisationswasser der Salze, der Erde und der Steine beweiset.

§. 893. Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für eine große Anzahl von Körpern. Besonders ist es das eigentliche Auflösungsmittel für die Säuren, Alkalien und Salze, und durch deren Hülfe kann es denn auch wieder andere Körper auflösen, auf die es sonst nicht wirkt. Daher kommt es auch, daß in der Natur nur wenig Wasser angetroffen wird, das völlig rein seyn sollte. Zu den reinsten Wassern gehören die atmosphärischen, besonders Schnee- und Regenwasser. Um sich sonst reines Wasser zu verschaffen, bleibt die Destillation aus Gefäßen von hartem Glase das einzige Mittel.

§. 894. Das Wasser ist in der Hitze flüchtig und verwandelt sich beym Sieden in Dunst. Es geht nun durch Verbindung mit mehrerm Wärmestoffe in den Zustand der eigentlichen ausdehnsamen Flüssigkeit, in Wasserdunst über. Die beym Sieden des Wassers vorkommenden Umstände sind schon oben (§ 579. ff.) angeführt worden.

§. 895. Die sogenannte unmerkliche Ausdünstung des Wassers ist ebenfalls nichts anders, als die Verwandlung desselben in ausdehnsamen Dunst durch Beytritt und Verschluckung des Wärmestoffes. Sie geschieht nur an der Oberfläche des Wassers in der geringen Temperatur, und eben wegen der mindern Intensität des dem Wasser zugeführten Wärmestoffes in geringerer Menge und unmerklich. Daß aber bey dieser unmerklichen Verdunstung des

Wassers ebenfalls Wärmestoff zum verborgenen gemacht werde, beweiset die Abkühlung des Thermometers durch Wasser, das von seiner Oberfläche unmerklich verdunstet, und die beträchtliche Leitungskraft des Wassers für Wärme. Watts Erfahrungen beweisen auch, daß das Wasser bey der unmerklichen Verdunstung verhältnißmäßig mehr Wärme verschluckt, als beym Sieden.

De Luc; in Gren's Journal der Physik, B. VI. S. 125 ff.

§. 896. Das Maximum der Verdunstung des Wassers (§. 593.), oder das größte Verhältniß der Basis des Dunstes zum Raume desselben, hängt bey gleicher Zusammendrückung von der Temperatur des Dunstes ab (§. 593. 594.). Wenn also Wasserdunst in der Luft enthalten ist, und es mindert sich die Temperatur der Luft, so kann das vorige Maximum der Verdunstung nicht bestehen, sondern ein Theil Basis des Dunstes, also Wasser, schlägt sich nieder, der nun Nebel, und, bey näherm Zusammentritte desselben, Wassertropfen bildet. Wenn aber auch bey bleibender Temperatur der Druck der Luft zunimmt, so wird ein Theil des Wasserdunstes ebenfalls zersetzt, indem wenn er in einen engern Raum gebracht werden sollte, das Maximum der Verdunstung überschritten werden müßte.

§. 897. Man sieht also, wie Wasserdunst in allen Temperaturen der Luft gegenwärtig seyn könne, aber durch den Wechsel ihrer Temperaturen und ihres Druckes bald in größerer Menge erzeugt, bald wieder zersetzt werden muß.

§. 898. So lange der Wasserdunst unzersetzt und ein ausdehnsames Fluidum ist, so lange ist er auch völlig durchsichtig und unsichtbar, wie die atmosphärische Luft; er trübt also ihre Klarheit nicht, wenn er als solcher mit ihr vermischt ist. Wenn er aber, durch die vorher (§. 896.) angeführten Ursachen, darin zersetzt zu werden anfängt, so bildet er den Nebel, der, wie ich schon oben (§. 592.) angeführt habe, kein eigentlicher Dunst mehr ist, und richtiger Dampf genannt wird; er ist höchst fein zertheiltes liquides

Wasser. Durch Zunahme der Temperatur der Luft und abnehmenden Druck derselben kann der Nebel wieder verschwinden, indem er sich von neuem wieder in wahren Dunst verwandelt.

§. 899. Auf diese wechselseitige Zersetzung und Bildung des Wasserdunstes in der Luft gründen sich die bekannten Phänomene vom Sichtbarwerden unsers Hauchs in kalter Luft, und der Unsichtbarkeit desselben in warmer; das sogenannte Schwitzen oder Anlaufen kalter Körper in feuchten und heißen Zimmern; das Schwitzen der Fenster in diesen Zimmern, wenn die äußere Luft merklich kälter ist als die innere; das Beschlagen der Gebäude beym Thauwetter nach anhaltendem Froste; das Beschlagen der Glocke der Luftpumpe bey Wiederhinzulassung der Luft nach vorhergegangener Verdünnung; die Entstehung des Nebels, der Wolken, des Thaues, des Reifs, des Regens, des Schnees, des Hagels.

§. 900. Andere Naturforscher erklären die unmerkliche Ausdünstung, wie ich schon oben (§. 598.) angeführt habe, lediglich aus der Auflösung des Wassers in der Luft. Sie nehmen an, daß die Luft nur eine bestimmte Menge Wasser auflösen könne, bis sie damit gesättigt sey. Ihr Sättigungsgrad sey aber, wie bey mehrern andern Auflösungsmitteln, nach der Temperatur verschieden; eine warme Luft löse mehr Wasser auf, als eine kalte. Wenn daher die Luft in der Wärme mit Wasser gesättigt sey, so schlage sich dieses beym Erkalten daraus nieder, und werde bey zunehmender Wärme der Luft wieder aufgelöset; und hieraus erklären sie die vorher (§. 899.) angeführten Erscheinungen. Allein es läßt sich die Verdunstung nicht allein leichter und ungezwungener ohne diese Auflösung des Wassers in der Luft erklären, wie de Luc gründlich dargethan hat; sondern es steht derselben auch entgegen, daß die Verdunstung ohne alle Luft Statt finden kann; ja dann noch desto besser Statt findet, und daß die mit Wasserdunst beladene Luft bey glei-

cher Wärme und absoluter Ausdehnsamkeit, nach Saussüre's Beobachtungen, ein geringeres eigenthümliches Gewicht hat, als die trockne, welches nicht seyn könnte, wenn das Wasser so in der Luft aufgelöset wäre, als ein Salz im Wasser aufgelöset ist. Es kann folglich das Wasser nur als der specifisch leichtere ausdehnsame Dunst in der Luft enthalten seyn.

„Man vergleiche die Anmerkung zu §. 598. F.“

§. 901. Ein Werkzeug, welches bestimmt ist, die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzuzeigen oder zu messen, heißt ein Hygroscop oder Hygrometer. Die Substanz, welche durch ihre Veränderungen die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzeigt, heißt der hygroscopische Körper.

§. 902. Man hat eine große Menge Körper zu der hygroscopischen Substanz der Hygrometer vorgeschlagen, und ist besonders auch in der Bestimmung der festen Punkte der hygrometrischen Scale sehr schwankend gewesen. Saussüre und De Luc haben viele Bemühungen angewandt, und viele Untersuchungen angestellt, um feste Grundsätze in die Hygrometrie einzuführen. Saussüre's Hygrometer besteht aus einem Menschenhaare, das durch Kochen in einer Lauge des kohlensauren Natrum von seiner Fettigkeit befreyet worden, an einen festen Punkt angehängt, und am andern Ende mit einer dünnen Welle in Verbindung ist, die einen Zeiger auf einer Scheibe drehet. Durch die Feuchtigkeit wird das Haar schlaff, es verlängert sich, und das kleine Gegengewicht an der Welle drehet diese. Durch Trockniß verkürzt es sich, und überwindet das Gegengewicht der Welle. Den Punkt der größten Feuchtigkeit bestimmt der Erfinder unter einer gläsernen Glocke, die mit Wasser gesperrt und inwendig mit Wasser befeuchtet worden ist; den Punkte der größten Trockniß aber unter einer gläsernen Glocke, die auf einem bis zum Glühen erhitzten, mit ausgeglüheter Potasche bedeckten Bleche steht. Den Abstand der Punkte des Zeigers auf der Scheibe in der größten Feuch-

tigkeit und Trockniß theilt er in 100 gleiche Theile. De Luc hat theils gegen die Anwendbarkeit des Haares selbst und aller Fäden überhaupt, theils gegen die Bestimmung der Saussure'schen festen Punkte, viele Bemerkungen gemacht, und die Vorzüge des von ihm vorgeschlagenen Fischbeinhygrometers zu zeigen sich bemühet. Es besteht aus einem sehr dünnen Streifen Fischbein, der nicht in der Länge, sondern in der Queere der Fibern geschnitten, unten an einen festen Punkt angehängt, und oben auch mit einer feinen Welle in Verbindung ist, die auf einer Scheibe einen Zeiger drehet. Als Gegengewicht an der Welle dient ein spiralförmig gewundener feiner Golddrath, der an dem einen Ende befestigt und an dem andern mit der Welle verbunden ist. Den Punkt der größten Feuchtigkeit bestimmt er durch unmittelbares Eintauchen der hygroscopischen Substanz in Wasser; und den Punkt der größten Trockniß in einem genau verschlossenen und mit frisch ausgeglüheten ungelöschten Kalke zum Theil angefüllten zinnernen Gefäße, worin er das Hygrometer aufhängt. Den Abstand beyder Punkte, den der Zeiger auf der Scheibe angiebt, theilt er in 100 gleiche Theile.

Saussure's oben (§. 592.) angeführte Schrift. Gehler's phys. Wörterbuch, Th. II. S. 661. De Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. Kap. 1—5. Ebendesselben Abhandl. über die Hygrometrie, a. d. Philos. transactions, Vol. LXXXI. 1791, übers. in Gren's Journ. der Physik, B. V, S. 279 f.

„Das empfindlichste Hygrometer dürfte das Haarhygrometer seyn. Am schnellsten wird das dunstige Wasser angezogen vom sublimirten stahlfarbenen Chloreisen, dessen man sich als Reagens für das Wasser der sogen. ausgetrockneten Gase bedienen kann. — In großen Steighöhen wird die Trockenheit so groß, daß das Holz sich wirft, wie Gay-Lussac bey seiner Luftreise erfuhr. Kr."

§. 903. Die Erfahrungen de Luc's und Watt's lehren, daß eine empfindliche hygroscopische Substanz im Wasserdunste, der durch die nöthige Wärme durchaus im ausdehnsamen Zustande erhalten wird, auf Trockniß zeige. Nur dann, wenn ein Theil des Dunstes durch Abkühlung oder Zusammendrückung zersetzt wird, entsteht Feuchtigkeit

im Dunste durch die jetzt abgeschiedene wässerige Basis. Das Hygrometer Saussure's sowohl, als das de Lucsche, wird also in der Luft nur von dem Wasser afficirt, das als höchst fein zertheiltes liquides Wasser darin schwebt, und durch Zersetzung des Dunstes daraus niedergeschlagen worden ist. Wenn von zwey mit einander harmonirenden Hygrometern das eine in einem stark geheitzten Zimmer steht, dessen Luft mit ausdehnsamem Wasserdunste vermischt ist, und seine hygroscopische Substanz die Temperatur des Zimmers hat, so kann es einen ziemlichen Grad von Trockniß anzeigen, während das andere, dessen hygroscopische Substanz kalt ist, beym Hereinbringen ins Zimmer sogleich große Feuchtigkeit angiebt, eben weil es, bloß als kalter Körper, den Wasserdunst zersetzt (§. 593.). Die Wirkung des Werkzeugs ist diesemnach sehr eingeschränkt, und es ist für die Meteorologie bey weitem nicht so wichtig, als es de Luc darstellt. De Luc muß erst beweisen, daß die hygroscopische Substanz seines Hygrometers auch Wasserdünste, bey gleicher Temperatur mit denselben, zersetze, oder zur Basis des Wasserdunstes eine stärkere Anziehung habe, als der Wärmestoff; sonst braucht man sich nicht mit de Luc zu wundern, wie das Hygrometer in hohen Gegenden der Atmosphäre auf große Trockniß zeigen, und doch in diesen Gegenden oft plötzlich ungemein viel Regen entstehen könne; und man kann ihm nicht die Folgerung zulassen, daß dieses Wasser nicht als Dunst, sondern als Luft in der Atmosphäre zugegegen gewesen seyn müsse.

Prüfung der neuen Theorie des Herrn *de Luc* vom Regen, und seiner daraus abgeleiteten Einwürfe gegen die Auflösungstheorie (von *Zylius*). Berlin 1795. 8.

§. 904. „Auf den Wechsel von Wasseranziehung und Wiederverflüchtigung gründet sich der Farbenwechsel der sogen. grünen sympathetischen Tinte, d. i. des salzsauren Kobaltoxyds. Damit geschriebene Schrift erscheint in der Kälte farblos, erhitzt (d. i. entwässert) grün, wieder

erkaltet (und dadurch wieder mit Wasser beladen) aufs Neue farblos. Kr."

§. 905. Die uralte Meinung, daß sich das Wasser in Erde verwandeln lasse, die schon Thales behauptete, Helmont, Boyle und Eller durch Versuche mit dem Wachsen der Pflanzen durch bloßes Wasser, Borricke, Boyle, Wallerius, Eller und Marggraf durch Destillation des Wassers aus gläsernen Gefäßen, oder durch Reiben desselben beweisen wollten, hat sich bey genauerer Untersuchung von Lavoisier und Scheele nicht bestätigt.

Lavoisier's phys. : chemische Schriften, übers. von Weigel, B. II. 1785. S. 29 ff. in den Anm. des Uebers., wo man die hierher gehörigen Schriften angezeigt findet.

Kohlenstoff. Kohlensäure.

§. 906. Die reine Kohle oder der Kohlenstoff („oder das Kohlenstoffmetalloid vergl. oben S. 70 Kr.") (Carbonium, *Carbone*) ist eine einfache, entzündliche Substanz. Sie ist feuerbeständig, geschmacklos, unauflöslich in Wasser, Oelen und Alcohol, unschmelzbar, unzerstörbar im heftigsten Feuer, wenn die Luft davon ausgeschlossen ist. Die gemeine Holzkohle ist freylich nicht durchaus reiner Kohlenstoff, sondern enthält außer etwas Wasserstoff noch erdige und salzige Theile, die ihre Asche beym Verbrennen bilden. Man erhält einen reinen Kohlenstoff aus Lampenschwarz und Kienruß, wenn man diese in bedeckten Gefäßen heftig ausglühet.

„Die gemeine Holzkohle enthält nicht nur jederzeit etwas Hydrogen, nebst erdigen und salzigen Theilen, die nach dem Verbrennen als Asche zurückbleiben; sondern sie enthält schon einen gewissen Antheil von Oxygen, und ist daher eigentlich schon ein Kohlenstoff-Oxyd (§. 909.). Die reinste Holzkohle ist die, welche die wenigste Asche läßt, und welche gut ausgeglühet ist, z. B. Kohle von Korkholz, oder Kienruß, der gut ausgewaschen, und in einem verschlossenen Gefäße geglühet ist. F."

§. 907. Der Kohlenstoff existirt in großer Menge in der Natur; er macht den größten Antheil aller thierischen

und vegetabilischen Stoffe und der Erdharze aus; er findet sich im im Roheisen und Stahle, und in verschiedenen Fossilien. Man hat Grund, den Diamant für ganz reinen Kohlenstoff zu halten. Ferner bildet er das Reißbley, und ist, wie wir gleich sehen werden, das Radical der so häufig verbreiteten Kohlensäure.

Extraits du procès verbal des expériences faites à l'école polytechnique sur la combustion du diamant, par le Cit. *Guyton*, in den Annales de Chimie, N. LXXXXI. p. 72 — 112.

§. 908. Der reine Kohlenstoff erfordert zu seiner Entzündung in atmosphärischer Luft und Oxygengas eine hohe Temperatur des Glühens, und verbrennt ohne Flamme. Die Holzkohle entzündet sich bey desto niedrigerer Temperatur, je lockerer sie ist. Unternimmt man dieses Verbrennen mit einer vorher wohl ausgeglüheten Holzkohle unter einer mit Oxygengas gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Glasglocke, so daß man etwas Zunderschwamm und Phosphor an die Kohle geklebt hat, und diese durch ein Brennglas von außen vermittelst des Sonnenfeuers anzündet: so findet man, daß die ausdehnsame Flüssigkeit unter der Glocke dabey nicht verschwindet, wie beym Verbrennen des Phosphors, sondern daß sich vielmehr eine eigene Gasart bildet, die nicht zum Athemholen und zur Unterhaltung des Verbrennens dient, die vom kalten Wasser langsam, schneller von der Lauge ätzender Alkalien und vom Kalkwasser verschluckt wird, das letztere trübt, und das reine Wasser säuerlich macht, so daß es die Lackmustinctur röthet. Läßt man also nach Beendigung des Versuchs Aetzlauge über das Quecksilber treten, so nimmt das Luftvolum ab; und was zurückbleibt, ist der Antheil Oxygengas, der dem Einfluß der Kohle beym Verbrennen entging.

§. 909. Es verzehren bey diesem Versuche nach Lavoisier's genauer Bestimmung 28 Theile Holzkohle 72 Th. Oxygengas (dem Gewichte nach); und es bilden sich daraus zusammen 100 Theile dieser eigenthümlichen Gasart, die von Kalkwasser oder Aetzlauge absorbirt wird.

„Beym Verbrennen des Diamants zeigt sich ein anderes Verhältniß. 18 Theile Diamant verbinden sich mit 82 Theilen Oxygen zu 100 Theilen Kohlensäure. Man sieht also, daß in 28 Theilen Holzkohle schon 10 Theile Oxygen enthalten sind. Man kann daher bloß den Diamant für reinen Kohlenstoff halten. F."

Lavoisier über die Bildung der festen Luft, der Kreidensäure, oder besser, der Kohlensäure; in Crell's chem. Annalen, 1788. B. I. S. 552 ff. B. II. S. 55. Desselben traité élément. S. 67 f

„Ueber das Verbrennen des Diamants sehe man Guyton's Versuche, in Scherer's Journal der Chemie, Heft 15. und 18. F."

„Nach Gay-Lussac's genauen Bestimmungen enthalten 100 Kohlensaure 27,76 Kohlenstoff und 72,624 Sauerstoff. Kr."

§. 910. Diese beym Verbrennen der Kohle aus dem Oxygen und dem Kohlenstoffe offenbar erzeugte Luft heißt kohlensaures Gas (Gas carbonicum, *Gas acide carbonique*) *). Es unterscheidet sich durch sein größeres eigenthümliches Gewicht (§. 368.), durch seine Unfähigkeit zum Atheinholen und zur Unterhaltung des Verbrennens, durch seine Acidität, und dadurch, daß es vom Wasser eingesogen wird und das Kalkwasser trübt.

*) Synonyma: fixe Luft (Aër fixus); Luftsäure (Gas acidum aëreum); Kreidensäure (Gas acidum cretac).

§. 911. Die ponderable Basis dieses Gas ist (nach der oben vorgetragenen Hypothese) die Verbindung des feines Brennstoffes beraubten Kohlenstoffes mit dem Oxygen, oder die Kohlensäure (Acidum carbonicum, *Acide carbonique*. Diese Kohlensäure ist bey dem Drucke der Luft und der Temperatur, wobey wir leben, gasförmig; bey ihrer Erzeugung und ihrem Freywerden nimmt sie also gleich Gasgestalt an. Die Absorption des Gas durch Wasser, Kalkwasser, Aetzlauge, ist eine Zersetzung desselben, indem seine Basis dadurch vom Wärmestoffe getrennt wird *).

*) „Daß bey dieser Absorption wenig oder keine fühlbare Wärme entsteht, spricht nicht zum Vortheil aller Hypothesen über die Gasbildung. F."

§. 912. „In der Kohlensäure sind 0,750 Theile Kohlenstoff mit 2 Th. Sauerstoff verbunden. Außer dieser

Verbindung giebt es noch eine zweyte mit halb so viel Sauerstoff, die unter dem Namen des Kohlenoxyd bekannt ist, und in Form eines farblosen, brennbaren, weder sauern noch basischen Gases, durch Glühen eines Gemenges von Eisen-, oder Zink-, oder Bley-, oder Kupferoxyd mit zuvor ausgeglühter Kohle gewonnen zu werden pflegt. Gilbert's Ann. B. XXXIV. S. 390. — Mit dem Wasserstoffe giebt der Kohlenstoff ebenfalls zwey entzündliche Gase, das ölerzeugende (aus 85 Theilen Kohlenstoff und 15 Th. Wasserstoff zusammengesetzte) und das Kohlenwasserstoffgas (schwere brennbare Luft, 75 Th. Kohlenstoff und 25 Th. Wasserstoff enthaltend). Ersteres bildet sich bey der trocknen Destillation der Steinkohlen (und dient dann unter andern zur Gasbeleuchtung), des Papiers ꝛc., so wie auch durch Erhitzung von 1 Theil Alcohol mit 4 Theilen Vitriolöl, und hat seinen Namen erhalten, weil es zu gleichen Maaßen mit Wasser gemengt, sich zu einem, in Wasser zu Boden sinkendem Oele vereint. Es ist rein eingeathmet schnell tödtlich, riecht stark und unangenehm und nimmt den Kopf ein. Das letztere findet sich in Sümpfen als Sumpfluft, in Bergwerken als feuriger Schwaden, bildet sich bey der Fäulniß und der trocknen Destillation organischer Körper, beym Auflösen des Gußeisens oder Stahls in verdünnter Salz- oder Schwefelsäure, so wie auch bey der Zersetzung des Wassers durch glühende Kohlen. Es ist ebenfalls farblos, geschmacklos, von unangenehmen Geruch, und tödtet kleine Thiere sogleich. — Vom ersteren verschluckt das Wasser $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{7}$ seines Volums, von letzterm $\frac{1}{27}$. — Das Gas, welches sich beym Glühen feuchter Kohle, oder organischer Körper in gegen Luftzutritt geschützten Gefäßen, so wie auch beym Durchtreiben flüchtiger organischer Materien durch glühende Röhren bildet, enthält außer allen drey genannten brennbaren kohlenstoffhaltigen Gasen, gewöhnlich auch noch reines Wasserstoffgas, in zum Theil sehr abweichenden Verhältnissen. Gilbert's Ann. XXII. S. 58. B. XXXIV. S. 417.

§. 913. Kaltes Wasser kann etwa ein gleiches Volum des kohlensauren Gas einsaugen. Dieses kohlensaure Wasser (luftsaure Wasser) hat einen schwach-säuerlichen Geschmack, färbt die Lackmustinctur roth, und wirft Blasen, wenn man es schüttelt. Es kommt dieses Wasser hierin mit den natürlichen Sauerbrunnen, dergleichen das Pyrmonter-, Selter-, Eger-Wasser u. a. m. sind, überein, die sich freylich sowohl von einander selbst, als von reinem kohlensauren Wasser durch andere aufgelösete Bestandtheile unterscheiden. Durch Erhitzung und Kochen wird alle Kohlensäure aus dem Wasser wieder als ausdehnsame Luft ausgetrieben, eben so auch durch die Luftpumpe. Vermöge dieser Kohlensäure ist das Wasser fähig, auch andere Substanzen, z. B. Erden und Eisen, aufzulösen, die es für sich nicht auflösen kann. Beyspiele geben die kohlensauren Stahlbrunnen, wie das Pyrmonter- und Eger-Wasser. Um die Anschwängerung des Wassers mit der Kohlensäure bequem zu verrichten, dient die Parkersche Glasgeräthschaft (§. 611.)

Torbern Bergmann de acido aëreo; in seinen *opusc. phys. chem.* Vol. I. S. 1.

Mit den reinen Alkalien verbindet sich die Kohlensäure sehr leicht und jene verlieren dadurch ihre Aetzbarkeit (§. 853.) und kommen in einem neutral- und mittelsalzigen Zustand. Mischt man kohlensaures Gas zum Kalkwasser (§. 908.), so wird dieses sogleich getrübt, weil der darin aufgelösete reine Kalk die Kohlensäure in sich nimmt, sich dadurch in kohlensauren Kalk verwandelt, der als solcher im Wasser sehr schwerlöslich ist; ein Ueberschuß von Kohlensäure macht indessen den kohlensauren Kalk wieder im Wasser auflöslich, oder, welches einerley ist, kohlensaures Wasser löset den kohlensauren Kalk auf. Diese Auflösung wird durch Kochen zersetzt. „Reiner Kalk (gebrannter Kalk) entzieht den leichtlöslichen kohlensauren Alkalien ihre Kohlensäure, und macht sie ätzend; nicht als hätte der Kalk eine stärkere Verwandtschaft zur Kohlensäure, als jene Alkalien, sondern weil die milden Alkalien leicht auflösliche Salze sind, der kohlensaure Kalk aber ein löslicher Stoff ist. F." Kalkwasser wird eben deswegen vom kohlensauren Kali sogleich getrübt. Ammoniakgas und kohlensaures Gas geben sogleich eine feste Materie, kohlensaures Ammoniak.

§. 914. Die Kohlensäure macht einen Bestandtheil sehr vieler Körper aus. Sie macht nicht nur in den Sauerbrunnen (§. 913.), sondern auch in den moussirenden Wei-

nen und im Bouteillenbiere das Schäumende, und bildet sich bey jeder Weingährung, wo sie in dem sogenannten Gäsch enthalten ist. Sie erzeugt sich beym Athemholen, und die ausgehauchte Luft enthält immer kohlensaures Gas; sie erzeugt sich ferner beym Verbrennen und der trocknen Destillation aller vegetabilischen und thierischen Substanzen. Sie befindet sich in mehreren Fossilien, wie in den sogenannten rohen Kalkerden, die alle kohlensauren Kalk enthalten, z. B. Kreide, Kalkspath, gemeiner Kalkstein, Marmor; sie kann durch jede andere Säure ausgetrieben werden, und sie erzeugt eben das Aufbrausen (§. 190.) derselben mit andern Säuren. Sie läßt sich auch durch Glühen im Feuer daraus austreiben, und darauf beruhet das Brennen des Kalkes. Von dem in der Atmosphäre befindlichen kohlensauren Gas rühren die Veränderungen her, welche Kalkwasser und gebrannter Kalk mit der Zeit an der Luft erfahren. Man hat daher mehrere Mittel, sich das kohlensaure Gas zu verschaffen.

Man gieße in eine Entbindungsflasche auf gepülverte Kreide verdünnte Schwefelsäure, so entsteht ein starkes Aufbrausen, das von der entwickelten Kohlensäure herrührt. Man bringe die Mündung der Seitenröhre der Flasche unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne, und lasse die aufsteigenden Luftblasen in die Vorlage treten. — Oder man fülle eine kleine irdene beschlagene Retorte mit rohem Kalksteine, Kreide, Marmor und dergleichen Kalkarten an, kitte eine Röhre an die Mündung der Retorte, lege das untere Ende der Röhre unter den Trichter der Wanne des pneumatischen Apparats, und erhitze dann die Retorte bis zum Glühen, so geht während des Glühens das Gas in die Vorlage über.

§. 915. Bey dem Verbrennen der Kohle in atmosphärischer Luft bleibt also nicht bloß Stickgas übrig, sondern zu gleicher Zeit das neu erzeugte kohlensaure Gas; und es läßt sich hieraus die Schädlichkeit des sogenannten Kohlendampfes, eigentlich des Brennens der Kohlen, auch der reinsten, in verschlossenen Zimmern für die Gesundheit und das Leben der Menschen beurtheilen.

§. 916. Die Kohle zersetzt in der Glühehitze alle andere Oxyde, indem sie ihnen das Oxygen entzieht, und selbst

selbst in den oxydirten Zustand übergeht *). So zersetzt er daher auch daher das Wasser; und wenn man in dem oben (§. 870.) angeführten Experimente sich statt des Eisens der Kohle bedient, und die Wasserdämpfe im Glühen durch sie streichen läßt, so erhält man Hydrogengas und kohlensaures Gas. Die Kohle entzieht nemlich im Glühen dem Wasser sein Oxygen, und wird damit zur Kohlensäure, die sich als kohlensaures Gas entwickelt; das Hydrogen dagegen geht als Hydrogengas über.

*) „Die Wirkung erfolgt schwieriger, wenn das Oxyd sehr feuerbeständig ist, leichter, wenn es zur Verflüchtigung, noch leichter, wenn es bloß zum Schmelzen geneigt ist. Daß die Verwandtschaft des Kohlenstoffes zum Oxygen sehr stark ist, ergiebt sich schon aus der Menge Oxygen, den er binden kann (§. 909), und seine Feuerbeständigkeit, die in andern Fällen chemischen Verbindungen hinderlich ist, wirkt hier vortheilhaft dadurch, daß sie die wirksame Masse in einem kleinen Raume zusammenhält. Ueberdieß ist in den meisten Oxyden die Verwandtschaft der Basis zum Oxygen schwächer, als die Verwandtschaft des Kohlenstoffs. Die Umstände der Desoxydirung lassen sich in jedem Falle erklären; aber man muß alle Eigenschaften der wirksamen Stoffe in Betrachtung ziehen. F."

§. 917. Zunächst schließt sich dem Kohlenstoffe hinsichtlich der Brennbarkeit an, das Boron, d. i. die metallartige Grundlage der Boraxsäure, der Schwefel, die ebenfalls unzersetzte Grundlage der Schwefelsäure und der Säure der Schwefelwasserstoffsäure (welche letztere für sich gasförmig ist, durch ihren Faulenergeruch und das Anlaufen des Silbers, Messings, Kupfers und einiger anderer unedler Metalle und Metallgemische in ihr, so wie durch ihre Brennbarkeit und Vorkommen in den sogen. Schwefelwassern und Schwefelbädern sich auszeichnet). — Phosphor, das metallisch glänzende, kupferfarbene Selenium (ein dem Schwefel in vielen Stücken ähnelnder, mit Wasserstoffgas ebenfalls ein nach faulen Eyern riechendes Gas darstellender Grundstoff), hierauf die S. 69 — 70. erwähnten leichten und schweren Metalle. Die Beschreibung der Eigenschaften dieser Grundstoffe und deren Verbindungen gehört um so mehr in die Chemie, als sie verhältnißmäßig weit weniger allgemein verbreitet sind, als

die atmosphärische Luft und das Wasser; wir merken daher im Nachfolgenden nur das Wichtigere davon an. Kr."

„Die vollkommne Schwefelsäure wurde sonst nur durch Glühen des rothen schwefelsauren Eisens (bis zur Röthe calcinirten Eisenvitriols) in Destillirgefäßen abgeschieden, und hieß daher Vitriolöl, oder sächsische Schwefelsäure, wird jetzt aber gewöhnlicher durch Verbrennen des Schwefels mit Hülfe des aus dem Salpeter entbundenen Sauerstoffs (der mitwirkenden unvollkommenen salpetersauren und atmosphärischen Luft) und Absorption der entstandenen Säure durch Wasser bereitet. Sie hieß sonst auch zum Unterschiede von der sächsischen oder Nordhäuser Säure: englische Schwefelsäure, ist wasserhaltiger als erstere und raucht nicht, während das Vitriolöl, wegen Beymischung von wasserfreyer, flüchtiger (vielleicht Seleniumsäure haltiger) Schwefelsäure (sogen. eisartige Säure) in feuchter Luft weisgrauen Nebel bildet, und erstickend, jedoch nicht entfernt dem brennenden Schwefel ähnlich riecht. Wird der conc. Schwefelsäure durch leicht oxydirbare Materien z. B. durch unedle Metalle (besonders durch Merkur, Kupfer), oder durch Kohle, oder verkohlbare Materien ein Theil ihres Sauerstoffs entzogen, so entsteht die unvollkommene oder schweflichte Säure, die gasförmig, farblos, vom Geruch des brennenden Schwefels, von scharfem, nicht saurem Geschmack, auf mehrere Pflanzen, besonders Blumenpigmente, desgleichen Wolle, Seide rc. bleichend wirkt und irrespirabel ist. Da sie sich im Wasser löst, so muß man das z. B. durch Erhitzen der conc. Schwefelsäure mit gleich viel Kupferspähnen gewonnene Gas unter laufendes Merkur auffangen. Dasselbe Gas wird auch — jedoch minder rein — gewonnen, wenn man Schwefel in atmosphärischer Luft verbrennt. Hieher gehört das Schwefeln der Wolle, der Weinund Bierfässer rc., wo die schweflichte Säure durch ihre Anziehung zum Sauerstoff, theils entfärbend, theils saure Gährung verhütend wirkt. Das Schwefelwasserstoffgas gewinnt gewöhnlich durch Auflösen des künstlichen schwarzen Schwefeleisens in verdünnter Schwefelsäure, indem man es unter heißem Wasser auffängt, (nicht unter kaltem Wasser und auch nicht unter Merkur, weil es im ersteren tödtlich ist und durch letzteres — Schwefelmerkur bildend — zersetzt wird) Es ist farblos, nach faulen Eyern riechend, im Sauerstoffgase und der atmosphärischen Luft entzündbar, irrespirabel, Lakmustinctur röthend, mit Alkalien krystallisirbare Salze bildend. Man kann es auch durch Zersetzung der in Wasser gelösten Schwefelleber, d. i. mit Schwefel verbundenen Alkalis (oder vielmehr Schwefeloxyd und Schwefelwasserstoffsaures Alkali enthaltenden Schwefelalkalimetalls) mittelst verdünnter Schwefelsäure entbinden, oder auch durch Auflösen des Zink's in gewöhnlicher conc. Schwefelsäure, wo Wasser und ein Theil Schwefelsäure zu Gunsten der Oxydation des Zink's zersetzt werden und Schwefelwasserstoff erzeugt wird, der jedoch theils mit reinem, theils mit Zink-Wasserstoffgas vermischt zu seyn pflegt. Kali, oder Natron mit Schwefel geschmolzen, oder Kalk mit Schwefel geglüht, oder feuerbeständige schwefelsaure Alkalien mit Kohle geglüht, geben die bekannteren Schwefellebern, die diesen älteren Namen den Farben des Schwefelkali und Schwefelnatron verdanken. Kr."

„Destillirt man ein Gemenge aus Schwefelkies oder Schwefelkupfer mit gut ausgeglüheter Holzkohle, oder treibt man Schwefeldampf durch ein mit ausgeglüheter Kohle gefülltes Porzellanrohr, so erhält man in der Vorlage eine — durch Destillation über geschmolzenen und gepulverten salzsauren Kalk zu reinigende, wasserhelle, sehr flüssige, stark lichtbrechende, bey — 52° C. noch nicht erstarrende, bey + 40 bis 43° C. siedende, schnell verdampfende und dadurch heftige Kälte erzeugende, auf Wasser schwimmend durch Verdampfung dasselbe gefrieren machende, brennbare, im Wasser unlösliche, würzig scharf schmeckende, stinkende Flüssigkeit, den sogen. Schwefelalcohol, oder Schwefelkohlenstoff. Kr."

Auf den Uebergang der Schwefelsäure in Schwefel durch glühende Kohle gründet sich die Entstehung des bononischen Lichtsteins (Phosphorus bononiensis) aus Schwerspath, an welchem Vincenzo Casciarolo die leuchtende Eigenschaft zuerst beobachtete. Man macht Schwerspath in einem Schmelztiegel erst rothglühend, reibt ihn dann in einem steinernen oder gläsernen Mörser zu einem feinen Pulver, vermengt dieß mit etwas Tragantschleim, bildet daraus dünne Scheiben und allerley Figuren, die man trocknet, und dann zwischen Kohlen in einem gut ziehenden Windofen stark glühet und sie nach verzehrten Kohlen herausnimmt. Sie leuchten im Dunkeln, wenn man sie vorher eine Zeitlang am Tageslichte liegen läßt; ihre leuchtende Kraft verliert sich aber mit der Zeit. Beym Befeuchten mit Wasser äußern sie einen Geruch nach schwefelhaltigem Wasserstoffgas. —

Cantons Lichtmagnet oder Phosphorus, verfertigt man, indem man gleiche Theile Austerschalen und Schwefel aufs innigste und feinste vermengt, und in einem bedeckten Schmelztiegel einige Stunden lang in der Weißglühhitze erhält. Die zusammengebackene weiße Masse zerbricht man in kleine Stücke, und schüttet sie in eine trockene Glasröhre, die man gut verstopft. Man findet die Masse im Dunkeln leuchtend, wenn man sie vorher dem Tageslichte eine kurze Zeit ausgesetzt hat.

„Ueber diese und alle übrige durch Insolation leuchtend werdende Materien, vergl. oben §. 816. Kr."

Homberg's Pyrophor oder Luftzünder, der sich an der freyen Luft, zumal wenn diese feucht ist, von selbst entzündet, und mit einem Schwefelgeruche abbrennt, verfertigt man, indem man fünf Theile gebrannten Alaun und einen Theil feines Kohlenpulver aufs genaueste vermengt, es in eine kleine irdene Flasche mit einer engen Mündung schüttet, so daß sie etwa bis zu zwey Drittel angefüllt wird, sie bis an den Hals in einem Tiegel mit Sand umschüttet, und diesen ins Feuer stellt. Man erhitzt alles stufenweise bis zum Glühen der Flasche. Es bildet sich nun Schwefel, der sich sublimirt und an der Mündung der Flasche mit einer blauen Flamme in Gesellschaft von etwas Kaliumwasserstoffgas brennt. Wenn man die Flamme an der Mündung nicht weiter wahrnimmt, so ist der Pyrophor fertig. Man verstopft die Flasche erst mit einem gut passenden Thonstöpsel, nimmt den Tiegel aus dem Feuer, und wenn die Flasche mehr erkaltet ist, verschließt man sie mit einem Korkstöpsel recht fest. „Vergl. oben §. 840. Kr."

Wenn man von dem gut gerathenen Pyrophorus etwas auf Papier schüttet, so erhitzt er sich, zumal beym Anhauchen, und fängt dann

ganz von selbst Feuer. Er verbrennt unter einem starken schweflichten Geruche. In nicht gut verwahrten Gefäßen verliert er seine Selbstentzündlichkeit mit der Zeit.

Der Phosphor (Phosphorus), den man, zum Unterschiede von andern im Dunkeln leuchtend erscheinenden Körpern, auch Kunkelschen oder Urin-Phosphor nennt, ist eine einfache entzündliche Substanz, durchscheinend, weißlich von Farbe, etwas zähe von Consistenz, und in einer Hitze, die noch nicht die Siedhitze des Wassers erreicht, schmelzbar. Er ist beym Ausschlusse der Luft in der Hitze flüchtig, und läßt sich überdestilliren. Er macht einen weit verbreiteten Grundstoff in den organischen Körpern, besonders im Thierreiche aus, findet sich aber auch im Mineralreiche, wie z. B. im Eisen aus Sumpf-Erzen. Er entzündet sich beym Zutritte der atmosphärischen Luft bey einer Wärme 40° R., in reinem Oxygengas aber bey 32° R. (siehe oben §. 826), und läßt sich auch durch Reiben leicht in den zu seiner Entzündung nöthigen Grad der Wärme bringen. Auf die leichte Entzündlichkeit des Phosphor gründen sich übrigens die Turiner Kerzen, das *Feu portatif* und andere Spielwerke. Zur Verhütung seiner Entzündung bewahrt man ihn in Wasser auf. —

„Die Phosphorsäure macht mit Kalk verbunden den Hauptbestandtheil des im Wasser unlöslichen Theils der Knochen, und daher auch der Knochenasche aus. Auch der Harn enthält theils freye, theils an Natron gebundene Phosphorsäure. Mit Kohle geglüht entbindet sie Phosphor; siehe oben §. 824 u. ff. Gepulverter glühender Kalk, Baryt, Strontian, so wie auch Talkerde, saugen geschmolzenen Phosphor ein, und bilden damit chokoladenbraune Phosphorleber, welche — Phosphoralkalimetall enthaltend — das Wasser zersetzen und selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas entbinden.
Kr."

Die Oele, sowohl die fetten als die ätherischen, lösen den Phosphor auf, und die Auflösung leuchtet im Dunkeln.

Mit Beyhülfe der ätzenden feuerbeständigen Alkalien zersetzt der Phosphor das Wasser sehr leicht. Wenn man daher Phosphor mit einer ätzenden Lauge des feuerbeständigen Alkali kocht, so nimmt er das Oxygen des Wassers auf, und wird zur Phosphorsäure, die sich mit dem Alkali verbindet, während der Wasserstoff des Wassers in Verbindung mit einem Antheile Phosphor als eine eigene Gasart austritt, die man phosphorhaltiges Wasserstoffgas (Gas hydrogenium phosphoratum, *Gaz hydrogène phosphoré*) *) nennt.

*) Synonyma: Phosphorgas, Phosphorluft.

Gengember über eine neue Luft, welche man durch die Wirkung von Laugensalzen auf Kunkels Phosphor erhält; in Crell's chem. Annalen, 1796. B. I. S. 514 ff.

Um diese Gasart bequem und ohne Gefahr zu entbinden, muß man so wenig atmosphärische Luft, als möglich, in die Gefäße einschließen. Man nehme zu dem Ende eine kleine zinnerne oder irdene Flasche von etwa zwey Unzen Inhalt, schütte auf einen Theil Phosphor in derselben etwa zwölf Theile einer starkenden ätzenden Kalilauge, so daß nur wenig Luft eingeschlossen bleibt; man stecke einen Kork fest auf, durch welchen eine gekrümmte Glasröhre geht, die höchstens 1½ Linie im

Durchmesser hat, und deren anderes Ende unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats tritt, und erhitze die Flasche allmälig im Sandbade durch Lampenfeuer bis zum Kochen der Lauge.

„Der Versuch gelingt in einer sehr kleinen Glasretorte ohne Schwierigkeit. F."

Die Blasen des Gas, welche hierbey übergehen, haben einen sehr unangenehmen, gleichsam fauligen Geruch. Läßt man sie an die atmosphärische Luft treten, so entzünden sie sich von selbst mit einer schwachen Detonation, und der weiße Rauch, den sie zurücklassen, steigt bey ruhiger Luft als ein horizontaler Ring, der sich immer mehr und mehr erweitert, empor; er ist wiedererzeugte Phosphorsäure. Zum Oxygengas gelassen, entzünden sich diese Blasen mit Heftigkeit. Vom Wasser wird dieses Gas nicht aufgelöset, und an und für sich trübt es weder das Kalkwasser, noch röthet es die Lackmustinctur. „Vielleicht enthalten die Irrwische von diesem Gase. Kr."

„Von diesem Phosphorwasserstoff im Maximum, unterscheidet sich der gleichfalls gasförmige Phosphorwasserstoff im Minimum vorzüglich dadurch, daß letzterer sich nicht von selber entzündet. Kr."

„Außer den genannten giebt es noch mehrere gasige Verbindungen des Wasserstoffs, z. B. die Metallwasserstoffgase; vergl. oben S. 227. Kr."

Die Basis dieses Gas ist Wasserstoff und Phosphor. In dieser Vereinigung ziehen sie das Oxygen stärker an, als sie einzeln für sich thun; sie verbrennen also plötzlich, und das Product dieses Verbrennens ist Feuer, Wasser und Phosphorsäure.

Azot oder Stickstoff, und dessen Verbindung mit Oxygen.

§. 918. Die ponderable Basis des Stickgas, dessen wir schon in dem Vorhergehenden (§. 822.), als Rückstandes der atmosphärischen Luft, deren Oxygen durchs Verbrennen einer verbrennlichen Substanz verzehrt worden ist, erwähnt haben, heißt Stickstoff (Azotum, *Azote*) *). Er ist bis jetzt unzerlegt. Bey der Temperatur und dem Drucke der Luft, wobey wir leben, erscheint er in Verbindung mit dem Wärmestoffe gasförmig, als Stickgas.

*) Synonyma: Salpeterstoff, Salpetersäurestoff.

„Nach Miers (*Thomson's* Annal. etc. B. III. S. 366) soll der Stickstoff aus 55,6 Sauerstoff und 44,4 Wasserstoff zusammengesetzt seyn. Aus Berzelius Versuch über das oxydirte Stickgas würde folgen, daß das Azot aus 27,41 noch unbekanntem Radical (dem Nitricum) und 72,59 Sauerstoff bestehe. Kr."

§. 919. Das Stickgas selbst unterscheidet sich von andern Gasarten sehr charakteristisch. Es dient weder zur Respiration für Thiere, noch zur Unterhaltung des Verbrennens. Es ist unentzündlich, geruch- und geschmacklos, wird weder vom Wasser, noch von alkalischen Flüssigkeiten eingesogen, und ist etwas weniges specifisch leichter, als atmosphärische Luft (§. 368). In der Atmosphäre macht es bey weitem den größesten Antheil aus. Es findet sich auch in der Schwimmblase einiger Fische.

§. 920. Der Stickstoff macht einen Grundstoff sehr vieler Körper des Pflanzenreichs, und besonders des Thierreichs aus, und ist eine säuerbare Substanz; er ist der Verbindung mit Oxygen fähig, und liefert damit nach den verschiedenen Graden der Aufnahme des Oxygens verschiedene Producte. Die gesättigte Verbindung des Stickstoffes mit Oxygen giebt die Salpetersäure; die minder gesättigte constituirt die unvollkommene Salpetersäure, die ich salpetrichte Säure nenne und die Azothaltige, salpetrichte Säure; ein noch minderer Grad der Oxydirung macht die Basis des Salpetergas, und der mindeste die Basis des oxydirten Stickgas.

Lavoisier traité élém. T. I. S. 78 ff.

§. 921. Die Salpetersäure (Acidum nitricum, *Ac. nitrique*) macht einen Bestandtheil des Salpeters aus, worin sie mit Kali zum Neutralsalze verbunden ist, und man kann sie vermittelst der Schwefelsäure daraus austreiben. Die gelbe oder röthliche Farbe, und die Eigenschaft, röthlichgelbe Nebel auszustoßen, kommen der vollkommenen Salpetersäure, als solcher, nicht zu, sondern setzen schon eine Modification derselben voraus, und rühren von minder vollkommener Salpetersäure her. Wenn man daher die rauchende Salpetersäure aus einer gläsernen Retorte im Sandbade bey ganz gelindem Feuer nochmals destillirt, so erhebt sich der rauchende Theil zuerst, und der Rückstand verliert endlich alle seine Farbe und seine rauchende Beschaf-

stanheit. Eben so wird diese flüchtigere rauchende Säure bey der Vermischung mit Wasser von der übrigen vollkommenen Säure geschieden, uud die farbenlose verdünnte Säure ist nun als die reine vollkommene Salpetersäure anzusehen. Die verdünnte Salpetersäure heißt auch Scheidewasser (Aqua fortis).

§. 922. In der Natur erzeugt sich die Salpetersäure bey der Verwesung organischer, besonders thierischer Substanzen, aus dem Stickstoffe derselben und dem Sauerstoffe; und die erzeugte Salpetersäure tritt mit der Kalkerde der Dammerde, worin die Verwesung geschieht, zusammen, und bildet so den Mauersalpeter.

„Durch Fäulniß entwickeln thierische Körper Ammoniak. Kr."

Wenn man ungefärbte, concentrirte Salpetersäure in einer recht durchsichtigen Retorte, die in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft ist, den Sonnenstrahlen aussetzt, so entwickelt sich Oxygengas, und die rückständige Salpetersäure wird wieder gefärbt. — Dunkle Wärme, ohne Licht, bewirkt diese Veränderungen nicht, „jedoch erleidet die Salpetersäure auch in dunkler Hitze ähnliche Zersetzungen. Kr."

„Wird trockner Salpeter mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, so entsteht eine beträchtliche Erhitzung; und wenn diese noch von außen verstärkt wird, so entweicht zuerst Oxygen, und bald darauf unvollkommene Säure. Bringt man hingegen Wasser in die Retorte, so löset sich der Salpeter auf, und wird in diesem Zustande sogleich vollständig zersetzt, ehe eine partielle Zersetzung der Salpetersäure vor sich geht. Daher geht bey Anwendung einer mäßigen Wärme vollkommene Salpetersäure über. F."

§. 923. Alle Körper des Thier- und Gewächsreichs zersetzen die Salpetersäure, und entziehen ihr durch ihren Kohlenstoff den größesten Antheil Oxygen, so daß sie dadurch nun von anderer Natur und anderm Verhalten erscheint. Ein gleiches thun auch sehr viele Metalle, wie z. B. Kupfer, Quecksilber, Eisen. Wird Salpetersäure darauf geschüttet, so entsteht Erhitzung und Entwickelung von Luftblasen, die bey Berührung der atmosphärischen Luft sogleich einen gelbrothen Nebel geben. Um die hierbey Statt findenden Veränderungen besser beurtheilen zu können, wählen wir den folgenden Versuch.

§. 924. Man fülle eine kleine Entbindungsflasche ganz mit Kupfer- oder Messingdrath an, gieße verdünnte Salpetersäure, die aus einem Theile concentrirter Salpetersäure und drey Theilen Wasser gemacht ist, hinein, so daß keine atmosphärische Luft im Glase zurückbleibt, und verbinde die Flasche gehörig mit der pneumatischen Geräthschaft. Das Metall löset sich unter Aufbrausen in der Säure auf, und es tritt eine große Menge von Luft durch die Seitenröhre der Flasche aus, die man auffängt, nachdem man die ersten Portionen hat weggehen lassen.

§. 925. Die erhaltene Luftart heißt Salpetergas (Gas nitrosum, *Gaz nitreux*). Es ist farbenlos, hat keine Spur einer Säure an sich, und röthet an sich die Lackmustinctur nicht, löset sich wenig oder nicht in Wasser auf, trübt das Kalkwasser nicht, ist höchst irrespirabel, und verlöscht ein hineingebrachtes Licht. Es verliert sogleich seine Gasform, wenn es die atmosphärische Luft berührt, und verwandelt sich in röthlichgelbe saure Nebel, wie sie rauchender Salpetergeist aufstößt, und in Salpetersäure, die vom Wasser nach und nach eingesogen wird.

§. 926. Wenn man unter einen Glascylinder, der das Salpetergas mit Wasser gesperrt enthält, atmosphärische Luft treten läßt, so entstehen sogleich röthlichgelbe Nebel unter Erwärmung und eine Verminderung des Volums beyder Luftarten; das Wasser steigt in dem Cylinder höher, und wird nun zur verdünnten Salpetersäure. Wenn man beyde Luftarten solchergestalt in gehörigem Verhältnisse vermischt hat, so bleibt endlich bloß noch das Stickgas der atmosphärischen Luft übrig. Man braucht gewöhnlich 16 Maaß atmosphärische Luft, um 7½ M. Salpetergas völlig zu zerstören.

§. 927. Wenn man statt der atmosphärischen Luft im vorigen Versuche (§. 926.) reines Oxygengas anwendet, so ist die Röthung und Erhitzung weit beträchtlicher; und wenn beyde Luftarten völlig rein waren, so erfolgt, bey

der Vermischung derselben im gehörigen Verhältnisse, ein gänzliches Verschwinden derselben. Indessen ist das Salpetergas und das Oxygengas schwerlich ganz von allem Stickgas rein zu erhalten, welches dann übrig bleibt. Man braucht 3 bis 4 M. Lebensluft zu $7\frac{1}{3}$ Salpetergas.

§. 928. Die rothen Nebel, die in beyden Erfahrungen (§. 927.) entstehen, sind salpetrichte Säure, die nach und nach in Salpetersäure übergeht und vom Wasser eingesogen wird. Aus Oxygengas und Salpetergas wird also Salpetersäure, und jene beyden Luftarten hören auf, zu seyn.

§. 929. Es folgt aus allen diesen Erfahrungen, daß das Salpetergas die Grundlage der Salpetersäure enthalte, die durch Aufnahme von Oxygen wieder zur Salpetersäure wird; und daß also das Metall bey der Auflösung in Salpetersäure (§. 924.) einen Antheil dieser letztern zersetze, ihr Oxygen entziehe, und sie dadurch in einen veränderten Zustand bringe, wobey sie in der Temperatur unserer Atmosphäre luftförmig erscheint, nicht mehr als Säure wirkt, und andere Eigenschaften zeigt. Bey Berührung des Salpetergas mit Oxygengas ziehen sich aber die Grundlagen beyder Luftarten an, und bilden unter Entlassung ihres Wärmestoffes wieder Salpetersäure.

§. 930. Die Basis des Salpetergas enthält also das Radical der Salpetersäure; indessen werden die folgenden Erfahrungen zeigen, daß sie dasselbe noch nicht rein enthält, sondern noch selbst in Verbindung mit einem Antheile Oxygen, der aber nicht hinreichend ist, das Radical in den Zustand einer Säure zu bringen. Es wird also der Salpetersäure durch das Metall (§. 924.) nicht aller, sondern nur der größte Theil des Oxygens entzogen, und die Basis des Salpetergas besteht demnach aus dem Radical der Salpetersäure und etwas Oxygen.

§. 931. Die Bildung der Basis des Salpetergas ist aber noch nicht der erste Grad der Oxydirung des Radicals der Salpetersäure, sondern es giebt noch einen niedrigern. Wenn man nehmlich Salpetergas über angefeuchtetem Eisenfeil oder angefeuchtetem Schwefelalkali, oder frischbereiteter salzsaurer Zinnauflösung, oder überhaupt über einen Stoffe, der das Oxygen kräftig anzieht, stehen läßt, so erleidet es eine Verminderung seines Volums von etwa ⅔, und erlangt ganz andere Eigenschaften, als es vorher besaß. Nehmlich, das nun noch rückständige Gas wird vom Wasser eingesogen; es wird durch Oxygengas nicht zersetzt, und zersetzt dieses nicht; es bringt damit keinen rothen Nebel zuwege; es brennt eine Kerze darin mit vermehrtem Glanze, und ihr glimmendes Tocht wird darin wieder von selbst zur flammenden Entzündung gebracht; „wenn es recht rein ist, so brennen nicht nur Kohle, Schwefel, Phosphor und Hydrogen in demselben, sondern es ist sogar zur Respiration tauglich. F."

„Von den mancherley Bereitungsarten dieses Gas, so wie von den merkwürdigen Eigenschaften desselben, sehe man die Klaprothsche Ausgabe von Gren's Handbuch der Chemie. Halle 1806, Th. I. S. 470 ff. F."

§. 932. Man hat dieses Gas, welches Priestley schon unter dem Namen der dephlogistisirten Salpeterluft erwähnte, gasförmige azotische Halbsäure (*Oxyde d'azote gazeux*) genannt. Die schicklichste Benennung ist oxydirtes Stickgas (Gas azoticum oxydatum). Bey seiner Entstehung (§. 931.) wird der Basis des Salpetergas noch Oxygen entzogen, indessen doch noch nicht aller, den sie enthält; und es bildet nun das Radical der Salpetersäure, mit noch weniger Oxygen verbunden, die Basis einer andern vom Salpetergas verschiedenen Gasart. Sonst erhält man dieses Gas noch auf verschiedene andere Weise, wie z. B. dadurch, daß man Salpetersaures Ammonium, mit etwa dreymal so viel Sand vermengt, aus einer kleinen Retorte in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft be-

stillirt; gegen das Ende der Operation kommt aber viel Stickgas. Das Radical der Salpetersäure ist also mehrerer Grade der Oxydirung fähig.

Jos. Priestley's Vers. und Beob. über versch. Gatt. der Luft, Th. I. S. 208. Th. III. S. 16. 22. 126. 128. 155. Ebendesselben Vers. und Beob. über verschied. Theile der Naturl. Th. I. S. 40, 50. Th. II. S. 156. 165. 506. Ueber die Natur des von Priestley so genannten dephlogistisirten Salpetergas oder der gasförmigen azotischen Halbsäure, von J. R. Deimann, Troostwyk, Nieuwland, Bondt und Lauwernburgh; in Gren's neuem Journal der Physik, B. I. S. 243 ff.

§. 933. Das Stickgas hat keinen Einfluß auf das Salpetergas, und beyde Gasarten wirken nicht auf einander. Eben so wenig wirkt kohlensaures Gas, Hydrogengas, schweflichtsaures und Ammoniumgas darauf. Weil also die gewöhnlichen irrespirabeln Luftarten das Salpetergas nicht zersetzen, und es nur das Oxygengas thut: so hat man eben das Salpetergas als ein eudiometrisches Mittel zur Prüfung des Gehalts der atmosphärischen Luft an Lebensluft vorgeschlagen und angewendet (§. 841.). Indessen gewährt diese Prüfungsart doch keine stetigen und zuverlässigen Resultate, obgleich übrigens das Verfahren und die Werkzeuge dazu von Fontana und Ingenhouß gar sehr vervollkommnet worden sind.

§. 934. Weder die Kohlen noch der Schwefel zersetzen in der Kälte die Salpetersäure, wohl aber in der Hitze, und wenn die letztere recht concentrirt ist, obgleich (besonders die Kohlen) nur schwer und langsam. In Verbindung mit Hydrogen zersetzt aber sowohl die Kohle als der Schwefel die Salpetersäure weit leichter: das erstere beweisen vegetabilische und thierische Stoffe, wie z. B. Zucker, Oele, u. a. m., die schon in mäßiger Wärme die Salpetersäure in Salpetergas verwandeln; das letztere wird durch schwefelhaltiges Hydrogengas dargethan, welches von concentrirter Salpetersäure zersetzt wird und diese selbst zersetzt.

§. 935. „Eine Verbindung des Stickstoffs mit dem Kohlenstoff ist zwar bis jetzt unmittelbar herzustellen un-

möglich gewesen, hingegen zeigte Gay-Lussac 1815 (Gilbert's Ann. B. XL. S. 229), daß man diese Verbindung — welcher er den Namen Cyanogen (Cyan, oder Blaustoff) gegeben hat — erhalte, wenn man Thierkohle mit Alkalien glühe, oder sogen. blausaures Merkur abdampfe und krystallisire, im erstern Falle an Alkali, im letzteren an Merkur gebunden. Erhitzt man trocknes Cyanmerkur, so entwickelt das Cyan sich in Form eines farblosen, brennbaren, eigenthümlich durchdringend riechenden (wahrscheinlich tödtlichen), an der Luft mit Purpurflamme verbrennenden, mit Sauerstoffgas mittelst elektrischer Funken heftig detonirenden, durch glühendes Kupferoxyd getrieben in 2 Maaß Kohlensäure und 1 Maaß Stickgas zerfallenden Gases, von dem das Wasser an $4\frac{1}{2}$ Maaß absorbirt, und dadurch einen stechenden Geschmack erhält. Das Cyan verbindet sich mit Wasserstoff und Blausäure, mit Sauerstoff zu Oxycyansäure (?), mit Chlor zu Chlorcyansäure, mit dem Eisen zur Eisencyansäure (?) und außerdem mit Schwefel, Salzbasen, Alcohol, und Metallen. Die merkwürdigste dieser Verbindungen ist die Blausäure, die sich beym Auflösen verschiedener Cyanmetalle in Wasser bildet, aus Cyanalkalien (z. B. der sogen. Blutlauge, welche durch Glühen von Thierkohle mit Kali gewonnen wird) durch stärkere wäßrige Säuren entbunden wird, und concentrirt eine farblose, wasserhelle, höchst flüchtige (entzündlichen Dampf oder sogen. Gas bildende), bey 26,5° C. siedende, bey —15° C. krystallisirende, stark nach bittern Mandeln riechende, Husten erregende, scharf reitzend schmeckende, lackmusröthende Flüssigkeit ist, die schnell tödtet, und unter andern in bittern Mandeln, Kirsch-, Pflaumen- rc. kernen schon gebildet vorkommt. Kr."

§. 936. „Eine dem Cyan verwandte, zum Theil noch problematische Verbindung ist das von v. Grotthuß nachgewiesene Anthrazothon, welches mit dem Wasserstoff die Anthrazothionsäure bildet, welche, wenn sie an Kali

gebunden ist (damit ein sehr hygroscopisches, in der Wärme wieder schnell trocknendes Salz darstellend), das Eisen schön carmoisinroth färbt und durch stärkere Säure ausgeschieden ebenfalls tödtlich wirkt. Vergl. m. Berlin. Jahrbuch für Pharmacie. B. XX. S. 182 und 459. Kr."

§. 937. Die völlige Zersetzung der Salpetersäure und die Scheidung ihres Radicals kann durch Kohle in der Temperatur der Glühehitze bewirkt werden, indem Kohle in dieser Hitze, wegen ihrer nähern Verwandtschaft zum Oxygen, dasselbe der Salpetersäure ganz entzieht. Wenn aber die Salpetersäure zur Temperatur der Glühehitze gebracht werden soll, so muß sie fixirt seyn, wie sie es im Salpeter durch das Kali ist.

§. 938. Der Salpeter, der für sich allein in der Hitze ruhig fließt, bringt sogleich eine Entzündung mit einem Geräusche zuwege, wenn man ihn mit glühender Kohle in Berührung bringt, oder ihn in glühenden Fluß setzt und dann Kohle darauf trägt. Diese Entzündung und Zersetzung des Salpeters in der Hitze mit entzündlichen Dingen nennt man das Verpuffen (Detonatio) derselben.

§. 939. Nicht bloß die Kohle, sondern auch der Schwefel, der Phosphor, die mehresten Metalle, und überhaupt alle entzündlichen Körper bringen mit glühendem Salpeter Verpuffung hervor.

§. 940. Das Verbrennen der entzündlichen Körper beym Verpuffen geschieht weit lebhafter und schneller und mit weit stärkerm Lichte, als sonst in atmosphärischer Luft, und ganz so, wie in reinem Oxygengas. Der Salpeter wird dabey zerstört, und es bleibt nur das Kali desselben übrig, das aber freylich durch die erzeugte neue Säure, zu welcher der verbrennliche Körper das Radical und die Salpetersäure das Oxygen hergaben, mehr oder weniger verändert seyn kann. Wenn man daher auf Salpeter, der in einem glühenden Tiegel im Feuer fließt, Kohlenpulver,

so lange aufträgt, bis kein Verpuffen mehr erfolgt, so bleibt das Kali nur zum Theil kohlensauer übrig, weil durch das Glühen desselben selbst ein Antheil der gebildeten Kohlensäure wieder ausgetrieben wird. Wenn man sich bey diesem Versuche statt der Kohle des Schwefels bedient, so hat man ebenfalls eine lebhafte Verpuffung, und das rückständige Alkali ist schwefelsauer. Der Schwefel ist also auch in der Glühehitze dem Oxygen näher verwandt, als das Radical der Salpetersäure.

§. 941. Die Entzündung des Schießpulvers ist ebenfalls eine wahre Verpuffung des Salpeters vermittelst der dabey befindlichen Kohlen- und Schwefeltheile. Die Güte desselben hängt von der Reinigkeit der dazu erforderlichen Materialien, von der genauen und innigen Vermengung derselben, und dem gehörigen Verhältnisse derselben gegen einander ab. Dieses Verhältniß der Ingredienzien desselben ist freylich nach dem besondern Gebrauche, wozu das Pulver bestimmt ist, verschieden. Gewöhnlich besteht es aus 0,75 Salpeter, 0,16 Kohlen und 0,09 bis 0,10 Schwefel. Der Schwefel ist nöthig, damit das Pulver desto leichter Feuer fange,

§. 942. Ein anderes hierher gehöriges merkwürdiges Gemenge ist das **Knallpulver** (Pulvis fulminans), welches das Besondere hat, daß es, ohne eingeschlossen zu seyn, auch schon in geringer Menge, bey einer allmäligen, bis zur Entzündung des Schwefels gehenden Erhitzung, in einem Löffel über glühenden Kohlen, mit einem heftigen Schlage abbrennt. Man macht es aus drey Theilen Salpeter, zwey Theilen trockenen Weinsteinsalzes und einem Theile Schwefel, die man recht fein zusammenreibt.

§. 943. Um nun beurtheilen zu können, was aus der beym Verpuffen des Salpeters zersetzten Salpetersäure wird, muß man den Versuch nothwendig in verschlossenen Gefäßen in Verbindung mit der pneumatischen Geräthschaft unternehmen. Es dient dazu am besten ein Gemisch aus

einem Theile Kohlenpulver und drey Theilen Salpeter. Den Zusatz von Schwefel muß man, wegen der sonst entstehenden Heftigkeit der Explosion, ganz vermeiden. Man bringt von dem mäßig angefeuchteten Gemenge in das genau geschlossene Ende eines Flintenlaufs, stampft es fest, legt dieses Ende zwischen Kohlen, und den Flintenlauf stark geneigt mit seiner Mündung unter den Trichter der mit heißem Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats. So wie die Stelle, wo sich das zu verpuffende Gemenge endiget, glühend wird, hebt die Verpuffung an, und verbreitet sich nach und nach durch die ganze Masse mit heftiger und häufiger Entwickelung von Gas. Nach Endigung des Versuchs findet man den Salpeter im Flintenlaufe völlig zerstört, und an seiner Stelle kohlensaures Kali mit mehr oder weniger unverbrannter Kohle; die übergegangene Luft besteht aus kohlensaurem Gas und Stickgas.

§. 944. Da die Kohlensäure, die sich hierbey bildet, nicht anders erzeugt werden kann, als daß die Kohle der Salpetersäure das Oxygen entzieht; da ferner alle Salpetersäure hierbey verschwindet, und auch das Sperrwasser beym Versuche nichts davon enthält; da ferner eine so große Menge von Stickgas hierbey zum Vorschein kommt: so folgt, daß der Stickstoff das Radical der Salpetersäure oder ihr säurefähiges Substrat ausmache. Da sich die Quantität der bey diesem Processe erzeugten Kohlensäure und der dabey verzehrten Kohle bestimmen läßt, so kann man auch aus dem schon bekannten Verhältnisse des Kohlenstoffes zum Oxygen in der Kohlensäure, und aus der Quantität des gesammelten Stickgas schließen, wie das Verhältniß des Oxygens zum Stickstoffe in der im Salpeter befindlichen, höchst concentrirten, Salpetersäure sey.

§. 945. Eine Bestätigung dieser Theorie giebt die Erfahrung, daß Salpetergas, durch einen glühenden Flintenlauf getrieben, sich ganz in Stickgas verwandelt, indem das glühende Metall hierbey den noch im Salpetergas be-

findlichen Antheil Oxygen gänzlich in sich nimmt. Ferner erklärt sich daraus die gänzliche Zerstörung des salpetersauren Ammoniums für sich im Glühefeuer, und seine Verwandlung in Wasser und Stickgas; ingleichem die Verwandlung des flüssigen Ammoniums in Salpetergas, wenn man es durch glühenden Braunstein in einer Röhre destillirt.

Ueber die Erzeugung der Salpetersäure und Salpeterluft, von Is. Milner; in Gren's Journ. der Phys. B. III. S. 85 ff.

§. 946. Einen synthetischen Beweis für die Mischung der Salpetersäure kann die Erfahrung von Cavendish geben, welcher zu Folge ein Gemisch von sieben Theilen Oxygengas und drey Theilen Stickgas in einer mit alkalischer Lauge gesperrten Glasröhre durch häufig wiederholte elektrische Funken im Volum vermindert und die Lauge salpetersauer wurde. Freylich bleibt es hierbey noch unentschieden, was die elektrische Materie hierbey selbst beygetragen habe.

Ueber die Verwandlung eines Gemisches der dephlogistisirten Luft in Salpetersäure durch Hülfe des elektrischen Funkens, von Cavendish; in Gren's Journ. der Physik. B. I. S. 282 ff.

§. 947. So viel scheint indessen als Thatsache ausgemacht zu seyn, daß die Natur bey der Verwesung organischer Körper Stickstoff, der ein Bestandtheil derselben ist, mit Oxygen des Wassers oder der Atmosphäre zur Salpetersäure vereinigt, und diese in so fern ein Product der Verwesung genannt werden kann. Daß aber Oxygengas und Stickgas durch ihre Vermischung keine Salpetersäure geben, das liegt in der Verwandtschaft ihrer respectiven Grundlagen zu dem Wärmestoffe, womit sie in diesen Gasarten vereinigt sind.

§. 948. Jetzt läßt sich nun die Theorie des Verpuffens nach der oben (§. 835.) vorgetragenen Hypothese vom Brennstoffe leicht geben. Der Salpeter entwickelt in der Glühehitze Oxygengas, welches das lebhafte Verbrennen der verbrennlichen Substanzen verursacht. In der dabey Statt findenden Temperatur bemächtigt sich die verbrennliche Substanz des Oxygens der Salpetersäure gänzlich; ihr

Ra-

Radical, der mit Brennstoff gesättigte Stickstoff, wird frey, und entweicht als Stickgas, und so wird die Salpetersäure gänzlich zerstört. Die große Menge des Wärmestoffes, welche die Salpetersäure auch im Salpeter noch gebunden hält, und die nicht gänzlich zur Bildung der entstehenden Gasarten verwendet wird, und der Brennstoff der verbrennlichen Substanz, der vom Radical der Salpetersäure nicht alle aufgenommen werden kann, ist Ursach des beym Verpuffen entstehenden starken Feuers. — Eigentlich kann man aber die Erscheinungen des Verpuffens nicht von der aus dem Salpeter entwickelten Lebensluft ableiten; und es ist nicht diese, sondern die Salpetersäure selbst, die, ehe noch ihr Oxygen luftförmig entwickelt wird, durch dasselbe die verbrennliche Substanz in der Glühehitze zum Verbrennen bringt. Uebrigens läßt sich leicht daraus erklären, warum das Verbrennen derselben vermittelst des Salpeters auch beym Ausschlusse aller Luft in verschlossenen Gefäßen Statt haben kann. In der überaus schnellen Verbreitung des Verbrennens durch die Masse des Schießpulvers im verschlossenen Raume; in der Menge von Stickgas und kohlensaurem Gas, die dabey so plötzlich erzeugt wird; in der über alle Berechnung großen Ausdehnsamkeit, welche dieses Gas durch die überaus große Menge des freywerdenden Feuers erhalten muß; und in der Expansivkraft des letztern im Augenblicke seines Freywerdens, ist der Grund der fürchterlich großen Kraft zu suchen, welche das Schießpulver ausübt, wenn es im verschlossenen Raume entzündet wird (§. 566.)

Versuch einer neuen Theorie über das Schießpulver, von Ingenhouß; in seinen Schriften, B. I. S. 395 ff.

§. 949. Beym Abbrennen des Knallpulvers (§. 945.) ist es wohl gewiß, daß durchs allmälige Schmelzen desselben aus dem Schwefelalkali (zu Folge des im Salpeter und Alkali befindlichen Wassers) schwefelhaltiges Wasserstoffgas gebildet wird, oder vielmehr im ersten Anfange seiner Ent-

stehung begriffen ist, und mit der aus dem Salpeter entbundenen Lebensluft eine Knallluft macht.

§. 950. Eine der in der Natur verbreitetsten Substanzen ist das Kochsalz. Wenn man auf gewöhnliches Kochsalz Vitriolöl gießt, so entsteht sogleich eine beträchtliche Erhitzung und ein Aufbrausen, und es entwickeln sich häufige weiße Nebel von einem eigenthümlichen sauern und scharfen Geruche und Geschmacke. Wenn man diese Nebel vermittelst einer Destillation auffängt, und durch so wenig Wasser, als möglich, verdichtet hat, so erhält man eine saure Flüssigkeit, die man sonst in Officinen rauchenden Salzgeist (Spiritus salis fumans *Glauberi*) nannte, jetzt aber concentrirte Salzsäure zu nennen pflegt.

§. 951. Eigentlich entweicht diese Säure bey ihrer Austreibung aus Kochsalz durch concentrirte Schwefelsäure in Gasform, und wird durch das vorgeschlagene Wasser wieder daraus versetzt, indem es dieses Gas in sich nimmt. Man erhält daher dieses Gas, wenn man die Mündung der Retorte sogleich unter den Trichter der Quecksilberwanne treten läßt und die aufsteigenden Blasen gehörig auffängt. Dieses Gas heißt salzsaures Gas (Gas acidum muriaticum, *Gaz acide muriatique*). Es ist sehr sauer: denn es ist eigentlich als die reine Salzsäure, und die obige tropfbare Salzsäure (§. 950.) nur als die Auflösung einer sehr großen Menge desselben in Wasser anzusehen. Es ist erstickend, unfähig zur Unterhaltung des Verbrennens, wird vom Wasser augenblicklich verschluckt, und das Wasser wird liquide salzigte Säure. Die Alkalien saugen es schnell ein, und verlieren dadurch ihre alkalische Beschaffenheit. Mit Wasserhaltiger Luft bildet es weißliche Nebel. Wenn man Ammoniumgas damit vermischt, so verlieren beyde Gasarten sogleich ihre Luftform unter Erwärmung, und werden zu einem festen Salze (Salmiak). Kohlensaures Gas, Stickgas, reines und schwefelhaltiges Wasserstoffgas,

schwefligtsaures Gas und Salpetergas haben keine Wirkung darauf, wenn sie nicht feucht sind.

§. 952. „Der nach dem Austreiben der Salzsäure bleibende Rückstand ist schwefelsaures Natron oder Glaubersalz, mithin besteht das reine Kochsalz aus Salzsäure und Natron. Kr."

§. 953. „Läßt man Sauerstoffreiche, neutrale Oxyde auf Salzsäure einwirken, so erfährt sie eine Zersetzung; es bildet sich aus einem Theile des im Oxyd enthalten gewesenen Sauerstoffs und einer entsprechenden Menge des in der Salzsäure enthaltenen Wasserstoffs Wasser, während Chlorin (Halogen oder Chlor, Chlorinum s. Halogenium) in Form eines grünlichgelben Gases frey wird. Mischt man 1 Maaß dieses Chlorgases mit 1 Maaß Wasserstoffgas, und setzt man dieses Gemisch gewöhnlichem Tageslichte aus, so vereinigen sich beyde allmälig zu 2 Maaß trocknem salzsauren Gase; schnell und unter lebhafter Verpuffung erfolgt die Vereinigung bey direct einfallendem weißen oder blauen Sonnenlichte; vergl. oben §. 818. Anm. Hieraus folgt, daß das salzsaure Gas zusammengesetzt ist aus gleichen Maaßen Wasserstoffgas und Chlorgas. Kr."

„Läßt man elektrische Funken durch trockenstes salzsaures Gas schlagen, so zerfällt es allmählig in Chlorgas und Wasserstoffgas." Kr."

„Sonst hielt man das Chlorgas für chemisch zusammengesetzt aus Salzsäure und Sauerstoff und nannte es oxydirte, oder oxygenirte Salzsäure, oder auch zündenden Salzdunst; Scheele, der es 1774. wieder entdeckte (nachdem es über hundert Jahr zuvor Glauber bereits zufällig erhalten hatte; vergl. meine Einleit. in die neuere Chemie letzte Beylage) nannte es dephlogistisirte Salzsäure. — Vergl. auch H. Davy in Gilberts Ann. XXXV. S. 460. XXXVI. S. 188. XXXIX. S. 45. und 90. Gay-Lussac und Thénard a. a. O. XXXII. S. 16 und XXXV. 8. Kr."

§. 954. Man schütte einen Theil gepülvertes schwarzes Manganoxyd (Braunstein) in eine Retorte, gieße drey Theile concentrirte Salzsäure darauf, lege sie in ein Sandbad, bringe sie mit der pneumatischen Wanne, die mit heißem Wasser gefüllt ist, in Verbindung, und erhitze sie gelinde.

Es entsteht eine Art von Aufbrausen und es entwickelt sich nach der atmosphärischen Luft eine ausdehnsame Flüssigkeit von einer blaßgrünlichgelben Farbe, die man in Gläser mit eingeriebenen Stöpseln auffängt.

§. 955. „Die erhaltene ausdehnsame Flüssigkeit ist das Chlorgas, welches, wenn es Wasser enthält, bey Frostkälte zu einer festen spießigten Substanz gerinnt, die durch Wärme wieder zur ausdehnsamen Flüssigkeit wird. Dieses ausdehnsame Chlor besitzt einen ungemein stechenden und erstickenden Geruch, tödtet hineingebrachte Thiere sehr schnell, und ist ganz und gar irrespirabel, wird vom Wasser nach und nach eingesogen, und bildet nun damit tropfbares wäßriges Chlor oder Chlorine. Man kann es auch nicht durch Quecksilber sperren, weil es dieses auflöset (sofern es nicht ganz trocken ist), sondern nur in Gläsern mit eingeriebenen Stöpseln aufbewahren. Kr."

§. 956. Es röthet nicht blaue Pflanzensäfte, sondern zerstört ihre Farbe ganz, so wie alle Pflanzenfarben. Alle bunten Blumen und grünen Blätter werden darin mit der Zeit weiß und farbenlos, und die verlorne Farbe läßt sich durch kein Alkali wieder herstellen. Hierauf gründet sich die Anwendung desselben zum Bleichen von Leinwand und Baumwolle.

§. 957. Es bleicht das wäßrige Chlor, indem es jenen Substanzen Wasserstoff entzieht und damit Salzsäure bildet. Noch stärker bleichen die Sauerstoffchlorsäuren und deren Salze; vergl. d. Deutsch. Gewerbsfr. B. II. S. 207 und B. III. S. 87. Kr."

§. 958. Eine brennende Wachskerze brennt in dem luftformigen Chlore fort, obgleich mit verminderter und dunkeler Flamme. Phosphor, Kohle, Zinnober, graues Spießglanzerz, Spießglanz, Wismuth, Zink, und andere verbrennliche Körper mehr, entzünden sich sogar von selbst, wenn man sie fein zertheilt in das erwärmte Gas

fallen läßt. Gepülvertes Spießglanzmetall erfordert nicht einmal eine Erwärmung desselben, so auch feine Messingdräthe. „Es entziehen diese verbrennlichen Substanzen dem im Chlorgase aufgelösten Wasser, während dessen Wasserstoff mit dem Chlor Salzsäure bildet, einen Antheil Oxygen. Kr."

§. 959. Geschwefeltes Wasserstoffgas wird davon auf eine ähnliche Art afficirt, als von Lebensluft; es scheidet sich Schwefel ab, und das Chlor wird zur gemeinen Salzsäure. Salpetergas bringt damit sogleich röthliche Nebel zuwege, und es bilden sich (mittelst Wasserzerlegung) salpetrigte Säure und gemeine Salzsäure. Stickgas scheint keine Wirkung auf die oxydirte Salzsäure zu haben; aber Ammoniumgas bringt mit derselben eine Art von Verbrennung zuwege; das Ammonium wird ganz zersetzt; es erzeugt sich Stickgas, Wasser und gemeine Salzsäure.

„Mit dem Chlor bildet das Azoth eine ölartige, flüchtige bei 95° C. heftigst verpuffende Flüssigkeit; Gilbert's Ann. B. XLVII. S. 45. 56. 69. Kr."

§. 960. Die Neutralsalze, die aus der Verbindung des oxydirten Chlor mit Alkalien entspringen, unterscheiden sich von den salzsauren wesentlich. Ich nenne hier nur das chlorsaure Kali, das auch die zerstörenden Wirkungen der oxydirten Salzsäure auf Pflanzenfarben besitzt, in der Hitze die reinste Oxygenluft entwickelt, und dann zu salzsaurem Kali wird. Mit Kohlenstaub vermengt und in einen glühenden Schmelztiegel getragen, bewirkt das Salz eine heftige Verpuffung; eben so auch mit Schwefel. Mit Phosphor zusammengerieben, macht es eine gefährliche Explosion. Ja einige dergleichen Mischungen explodiren schon durch einen Schlag mit dem Hammer.

„Dieses Salz hieß sonst oxydirt salzsaures Kali, und wird unter andern auch zur Bereitung der mittelst Schwefelsäure sich entzündenden Schwefelhölzer benutzt. Kr."

§. 961. Wenn man liquides Chlor einer weißen gläsernen Retorte, die mit der pneumatischen Geräthschaft in

Verbindung ist, den Sonnenstrahlen aussetzt, so entwickelt sich daraus Oxygengas, und der Rückstand ist gemeine Salzsäure. Man hat hieraus Anlaß genommen, das wäßrige Chlor als ein Photometer zu brauchen; aber es gewährt keine Zuverlässigkeit.

§. 962. Auch der Salpetersäure entzieht die gemeine Salzsäure einen Theil ihres Oxygens und verwandelt sich dadurch in Chlor. Wenn man daher einen oder zwey Theile starke und farbenfreye Salpetersäure mit vier Theilen concentrirter gemeiner Salzsäure zusammenmischt, so entsteht Erhitzung und ein Aufbrausen, und es entwickelt sich daraus Chlor, so wie auch das Gemisch den Geruch derselben zeigt und eine gelbe Farbe annimmt. Das rückständige Gemisch enthält nun unvollkommenere Salpetersäure, mit Chlor gemischt. Es hat von den ältern Chemisten den Namen Königswasser (Aqua regis, regia), auch Goldscheidewasser, erhalten; gegenwärtig nennt man es gewöhnlich salpetersaure Salzsäure (Acidum nitroso-muriaticum, *acide nitro-muriatique*), richtiger salpetrichtsaures Chlor. Durch seinen Gehalt an Chlor ist es wirksam, und zeigt deßhalb andere auflösende Kräfte, als gemeine Salzsäure allein oder Salpetersäure allein; dadurch hat es auch seine auflösenden Kräfte aufs Gold.

§. 963. „Mischt man ein Theil starke Salzsäure mit ein bis zwey Theilen starker Salpetersäure, oder zersetzt man chlorsaure Salze durch Säuren, z. B. 1 Theil chlorsaures Kali mit 2 Theilen Salzsäure, der zuvor 2 Th. Wasser zugesetzt worden, erwärmt man das Gemisch sehr gelinde in einer kleinen pneumatischen Geräthschaft (am sichersten bey maskirtem Gesichte) so entbindet sich gasförmiges, sehr gelbes Chloroxyd oder sogenanntes Euchlorine, welches über Merkur aufgefangen und durch Schütteln mit Merkur vom beygemischten Chlorgase befreyet, den Geruch nach gebranntem Zucker und Chlor verbreitet, sehr erstickend ist, Lackmuspapier schwach röthet und dann bleicht, und durch

Erwärmen (selbst durch die Wärme der Hand) unter Lichtentwickelung und Ausdehnung, heftig explodirt, und dadurch in ein Maaß Chlorgas und ein halb Maaß Sauerstoffgas zerfällt. Wird es mit 2 Maaß Wasserstoffgas detonirt, so bildet sich wäßrige Salzsäure; bey weniger Wasserstoff bleibt Sauerstoffgas übrig. Mit salzsaurem Gase scheidet sich Chlorgas aus, während sich Wasser bildet. Glühende Kohle verbrennt darin anfänglich mit hellem, dann mit dunkelrothem Lichte. Schwefel und unedle Metalle (Kupfer, Eisen, Stibium und Arsenik) wirken erst bey Explosionshitze des Gases und gehen dann zum Theil — unter Lichtentwickelungen — in Chlorverbindungen über. Phosphor entzündet sich darin schon bey gewöhnlicher Temperatur, Phosphorsäure und Chlorphosphor im Maximum bildend. Wasser nimmt sein 8 — 10faches Maaß Euchlorine auf. Die Lösung ist dunkelgelb und sehr scharf. Kr."

„H. Davy in Gilbert's Ann. a. a. O. Kr."

„Außer diesem Oxyde des Chlor, bildet letzteres mit dem Sauerstoffe noch zwey Säuren, die chlorichte Säure und die Chlorsäure; vergl. oben das Verzeichniß der Säuren §. 845. so wie auch Graf Stadion in Gilbert's Ann. 1816. S. 197 und Gay-Lussac in dem Mémoire sur l'Jode. p. 102. Eine erstere noch mehr unvollkommene Säure, als es die chlorichte ist, nimmt Berzelius in der bleichenden Chlorflüssigkeit an; dessen Elemente der Chemie. B. I. S. 514. Kr."

§. 964. Wenn man auf fein geriebenen Flußspath concentrirte Schwefelsäure gießt, so tritt sogleich eine Menge weißlicher Nebel von einem sauern Geruche und Geschmacke hervor. Hält man eine Glasplatte über diese Nebel, so wird die Fläche derselben sehr schnell angegriffen, sie verliert ihre Politur, wird undurchsichtig, und das Glas wird wirklich angefressen. Diese Wirkung auf Glas und Kieselerde besitzt keine andere bis jetzt bekannte Säure, und deßhalb ist die aus dem Flußspathe durch Vitriolöl ausgetriebene Säure als eine eigenthümliche zu betrachten. Man nennt sie Flußsäure oder Flußspathsäure (Acidum fluoricum, *Acide fluorique*)*).

*) Synonymon: „Hydrofluorinsäure. Kr."

§. 965. Die Flußsäure hat sehr viel Aehnlichkeit mit der Salzsäure im Geruche und Geschmacke und in der Flüchtigkeit. Man kann sie nicht in fester Gestalt darstellen, und ohne vorgeschlagenes Wasser bey der Destillation nicht erhalten. Eigentlich ist sie im wasserfreyen Zustande gasförmig, und wird in dieser Form aus dem Flußspathe durch Schwefelsäure getrieben; das Gas wird aber bey der Destillation von dem vorgeschlagenen Wasser eingesogen, welches nun damit die liquide Flußsäure bildet. Wenn man demnach bey der Destillation des Flußspathes mit Schwefelsäure die Mündung der Retorte unter den Trichter der Quecksilberwanne der pneumatischen Geräthschaft bringt, so geht die Flußsäure als eine permanente ausdehnsame Luft über, und macht das flußsaure Gas (Gas fluoricum). Dieses Gas verwandelt sich bey Berührung der atmosphärischen Luft in weißliche Nebel, wird vom Wasser sogleich verschluckt, und bildet damit liquide Flußsäure. Es ist schwerer als atmosphärische Luft, ist irrespirabel, verlöscht ein hineingebrachtes Licht, ist sehr sauer, trübt das Kalkwasser gleich, und wird davon zersetzt, so wie auch von Alkalien, und tritt mit Ammoniumgas zum festen Körper zusammen.

§. 966. Hat man dieses Gas aus einer gläsernen Retorte destillirt, so setzt es bey seiner Absorption im Wasser sogleich eine kieselige Rinde ab, zum Beweise, daß die Flußsäure die Kieselerde sogar in Luftgestalt bringen und verflüchtigen kann.

Mit der Kalkerde liefert die Flußsäure eine im Wasser völlig unauflösliche Verbindung; und tröpfelt man die Säure zum Kalkwasser, so entsteht sogleich ein Niederschlag, der flußsaure Kalkerde ist. Dergleichen ist auch der natürliche Flußspath oder Fluß (Fluor mineralis), der wegen seiner Unauflöslichkeit im Wasser allerdings nicht zu den Salzen, sondern zu den Steinen oder Erden gehört. Er kommt in schönen würfligen Krystallen, mehr oder weniger durchsichtig, und von den schönsten und mannigfaltigsten Farben vor. Er ist im Feuer schmelzbar, läßt aber seine Säure nicht fahren. Er löset im Flusse andere Erdarten auf, und wird deßwegen im Hüttenwesen als Zuschlag beym Schmelzen gebraucht, wovon er auch seinen Namen erhalten hat. Beym Erhitzen leuchtet er im Dunkeln.

„H. Davy nimmt an, daß die Flußsäure aus dem noch nicht für sich dargestellten Fluorin und Wasserstoff bestehe, daß der Fluß-

spath und alle stark erhitzten sog. flußsauren Salze Fluorinmetalle (ersterer Fluorincalcium) seyn, daß das Kieselerde absetzende Gas, Fluorinsilicium sey, welches das Wasser zersetze, indem das Silicium mit dem Sauerstoffe Kieselerde, das Fluorin mit dem Wasserstoffe Flußsäure bilde, und daß die braune Substanz, welche man am positiven Pole der galvanischen Säule erhält, wenn man Flußsäure zwischen beyde Pole bringt, Fluorinmetall sey, während am negativen Pole Wasserstoffgas entbunden wird. Reine Flußsäure erhält man, wenn man gepulverten, kieselerdefreyen Flußspath in eine bleyerne Retorte mit 2 Th. Vitriolöl erhitzt, und das Destillat (eine wasserhelle Flüssigkeit von 1,0609 spec. Gew.) in bleyernen, kalt gehaltenen Vorlagen auffängt. Sie riecht stechend, zerstört die Athmungsorgane, und einzelne Tropfen bilden auf der Haut weiße Flecken, welche heftig schmerzen und sich in eine Eiterblase erheben. — Auch der Topas, Kryolith, Zähne und die fossilen Knochen enthalten etwas Flußsäure. Erhitzt man 1 Th. verglaßte Boraxsäure mit 2 Th. kohlenfreyen Flußspath, so erhält man das farblose, unentzündliche, stechend riechende Fluorinborongas, welches mit $\frac{1}{11}$ Wasser verbunden eine rauchende, ätzende, organische Körper verkohlende, farblose, destillirbare, öligflüssige Säure bildet. Kr."

§. 967. „Setzt man ein Gemisch aus gleichen Maaßen Chlorgas und Kohlenoxydgas dem Tageslichte aus, so verbinden sich beyde zu einem Gase von der Hälfte des vorigen Umfangs, welches farblos, höchst erstickend, höchst widrig riechend, die Augen thränen macht, Lackmus röthet und aus Chlor, Kohlenstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist. J. Davy nennt es Phosgengas. Kr."

§. 968. Ein dem Chlorin zunächst stehender, ebenfalls zur Zeit noch unzerlegter, 1813 vom Salpetersieder Courtois in Paris entdeckter und vorzüglich von Gay-Lussac untersuchter Stoff, ist die Jodine oder das Jod (Jodium). Es kommt in der Asche verschiedener Seegewächse, vorzüglich der Fucus- und Ulvaarten, und daher auch in größter Menge in der Varec (Varecsode), in geringerer im Kelp (schottische Sode, Kelpsode), in der Barille (spanischen Sode, aber — wenigstens nicht in merkbarer Menge — nicht im Meerwasser vor, und wird aus jener Asche geschieden, indem man sie trocken mit der Hälfte ihres Gewichts Vitriolöl (auch wohl unter Zusatz von Mennige oder Braunstein) in einer Retorte erhitzt. Das Jod sublimirt sich, wird zwischen Fließpapier getrocknet und durch wieder-

holte Sublimationen gereinigt. Es stellt eine graphitartig glänzende, schwarzgraue, feinblättrige, oder auch in länglichen Oktaëdern oder breit geschobenen Tafeln krystallisirte, weiche, zerreibliche, bey 107° C. schmelzende, und (unter Vitriolöl) siedende, bey 175 bis 180° C. sich in Form eines schön violetten Dampfes verflüchtigende (Elektricität nicht leitende, nicht entzündliche Masse von 4,948 spec. Gewicht (bey 17° C.) dar, deren Dampf chlorartig (oder dem Schwefelchlor: ähnlich) riecht, das Eigengewicht der Luft = 1 gesetzt, 8,6195 Eigengewicht hat, und dessen Lösung in Wasser (von dem es viel zur Lösung heischt) eine bräunlichgelbe Farbe besitzt, in Wasser gelöste Weizenstärke schön indigblau fällt, die Haut und Papier vorübergehend braun färbt und einen Theil des Jod als Jod- (Sauerstoffjod-) und als Hydrojod- (Wasserstoffjod-) Säure enthält. Kr."

„Jod wirkt innerlich als Gift. — Gilbert's Ann. B. XLVIII. 1. H. S. 275. 305. 367. Kr."

§. 969. „Beyde zuletzt erwähnte Säuren bilden sich auf Kosten des durch das Jod zersetzt werdenden Wassers gemeinschaftlich; auch erhält man Jodsäure, neben Salzsäure, wenn man Chlor und Jod entweder bloß mit Wasser, oder mit Wasser und Alkali zusammenbringt. Die Jodsäure ist gelb, ohne Zersetzung sublimirbar und krystallisirt in Rhomboëdern; mit Wasser bildet sie eine farblose geruchlose, sehr sauer schmeckende, Lackmus röthende, bey 200° C. sich in Jod und Sauerstoffgas zersetzende, Säure, deren Jod durch Sauerstoff stark anziehende Materien (z. B. durch Schwefelwasserstoff, selbst durch Hydrojodsäure) leicht gefällt wird, und die mit Salzbasen die jodsauren, im Wasser schwer oder unlöslichen, in Weingeist unlöslichen, zum Theil krystallisirbaren Salze zusammensetzt. — Die Hydrojodsäure kann unmittelbar erhalten werden, wenn man Joddampf und Wasserstoffgas durch ein glühendes Porzellanrohr treibt, sonst auch durch Zusammenreiben des Jod's mit Ammoniak, Alcohol rc. und anderen Wasserstoff halten-

den Materien, oder Erhitzung von Phosphor oder Zink mit Jod und etwas Wasser, wobey das Wasser zersetzt wird. Sie ist gasförmig, dem salzsauren Gase ähnlich riechend, im Wasser leichtlöslich, dasselbe schnell absorbirend, Lackmus stark röthend, sehr sauer (erst stechend dann zusammenziehend) schmeckend, destillirbar, concentrirt an der Luft rauchend, zwischen den Polen der galv. Säule in Jod (am positiven Pol) und Wasserstoff zerfallend, mit Salzbasen in Wasser leicht löslich, größtentheils auch im Weingeist lösliche, durch Salzsäure unzersetzliche Salze bildend, aus denen Chlor, so wie auch Salpetersäure, Jod abscheiden, und die gelöste neutrale Silberoxydsalze weiß, Merkuroxydsalze scharlachroth, Merkuroxydulsalze gelb und Bleisalze Orange fällen. Aehnliche Verbindungen giebt auch das Jod unmittelbar mit den Metallen der oben genannten Metallsalze. Läßt man Joddämpfe auf Metalle wirken, so erhält man sie auch; Blattsilber geht dadurch in eine gelbliche, hornartig durchscheinende Masse, mit beybehaltener Blattform und Blattgold in eine ähnliche, minder durchscheinende über. Kr."

§. 970. Aus dem Borax (Borax) scheiden die mineralischen Säuren auf nassem Wege ein saures Salz ab, das sich in allen Verhältnissen als eine eigenthümliche Säure charakterisirt, und den Namen der Boraxsäure (Acidum boracicum, *Acide boracique*)*) führt. Sie bildet ein glänzendes, weich anzufühlendes, schuppiges Salz, das kaum einen säuerlichen Geschmack hat, aber die Lackmustinctur röthet, im kalten Wasser sich schwer auflösen läßt, und davon bey 50° Fahrenh. 20 Theile erfordert, da es hingegen im kochenden Wasser leicht auflöslich ist. An der Luft ist das Salz beständig; im Feuer ist es nicht flüchtig, es läßt sich aber durch Wasserdämpfe mechanisch in die Höhe reißen. Es schmelzt in der Glühehitze zu einer durchsichtigen, glasähnlichen Masse, löset aber leicht von der Thonerde des Tiegels auf. Durch dieses Schmelzen wird es weiter

nicht verändert, als daß es sein Krystallisationswasser verliert. Die Boraxsäure unterscheidet sich also durch ihre Feuerbeständigkeit von andern bisher abgehandelten Mineralsäuren gar sehr.

*) Synonymon: Sedativsalz (Sal sedativum *Hombergii*).

Von den Verbindungen der Boraxsäure mit Alkalien und Erden nenne ich hier das boraxsaure Natrum, dergleichen der Borax selbst ist, der aber doch noch einen Ueberschuß an Natrum enthält; und boraxsaure Kalkerde und Talkerde (Boracit).

„Wird verglaßte Boraxsäure mit gleichviel zerschnittenem Kalium gemengt, und in einer, mit einer pneumatischen Röhre verbundenen, eisernen, kupfernen, platinen oder gläsernen Röhre einige Minuten hindurch rothgeglüht, dann mit sehr verdünnter Salzsäure ausgewaschen, und bey gelinder Wärme getrocknet, so erhält man die Grundlage der Boraxsäure, das Boron, in Form einer dunkelgrünlichbraunen, undurchsichtigen, zerreiblichen, Glas nicht reitzenden, in heftigster Weißglühehitze feuerbeständigen und nicht zum Flusse kommenden, geruch- und geschmacklosen, die Elektricität nicht leitenden, dem Sauerstoff sehr verwandten Masse. Boraxkalium, oder Boroneisen entbinden in Wasser gebracht, oder in Salzsäure aufgelöst, das wie Stinkasand riechende Boronwasserstoffgas. Kr."

Metalle.

§. 971. Auch die Metalle sind einfache verbrennliche Substanzen. Wir kennen gegenwärtig leichte (Metalloide) und schwere (eigentliche Metalle) zusammengenommen und den Kohlenstoff mitgezählt (s. oben S. 69 — 70) vier und vierzig verschiedene, metallische Substanzen, deren Namen oben S. 69 — 70 verzeichnet sind.

„Die dort als Metalloide oder leichte Metalle aufgeführten Stoffe unterscheiden sich von den schweren Metallen vorzüglich durch ihr geringes Eigengewicht. Kr.

§. 972. Die eigentlichen oder schweren Metalle übertreffen an specifischem Gewichte alle übrigen Fossilien; doch ist darin unter ihnen selbst ein beträchtlicher Unterschied. Sie sind vollkommen undurchsichtig. Sie besitzen einen eigenthümlichen Spiegelglanz, der ein charakteristisches Kennzeichen derselben ausmacht, und stehen beym Flusse in der Schmelzhitze mit convexer Oberfläche in irdenen Schmelzgefäßen.

§. 973. Mehrere Metalle sind dehnbar, und ihre Theile lassen sich durch Druckwerk oder Hämmern an einander merklich verschieben, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren, und sie lassen sich so zu dünnen Blättern und Fäden strecken, wie z. B. Gold, Silber, Platin, Kupfer, Bley, Zinn, Eisen. Andere hingegen sind spröde, und lassen sich nicht strecken und dehnen, z. B. Stibium, Arsenik, Kobald, Wismuth 2c. Man hat deßhalb die Metalle eingetheilt in Ganzmetalle (Metalla perfecta) und Halbmetalle (Semimetalla). Allein diese Eintheilung ist zwar in technischer Rücksicht brauchbar, in wissenschaftlicher aber überflüssig, und die Benennung nicht gut gewählt, weil sie die irrige Meinung veranlaßt, als ob die spröden Metalle nicht so vollkommene Metalle wären, als die dehnbaren.

§. 974. Die Metalle sind schmelzbar, aber in sehr verschiedenen Graden. So schmilzt Quecksilber (auch Kalium) schon in der gewöhnlichen Temperatur unserer Atmosphäre; einige Metalle schmelzen noch vor dem Glühen, z. B. Zinn, Bley, Tellur; andere nach dem Glühen, z. B. Silber, Gold, Kupfer. Alle Metalle, nur Eisen und Platin ausgenommen, schmelzen, wenn sie den gehörigen Grad der Hitze erreicht haben, plötzlich; die letztern hingegen werden erst erweicht, und darauf beruht ihre so nützliche Eigenschaft, sich schweißen zu lassen. Es giebt aber auch Metalle, wohin selbst das ganz reine Eisen gehört, welche der stärksten Ofen-Schmelzhitze sehr hartnäckig widerstehen, „obgleich sie vor dem Knallluftgebläse zum Flusse kommen. Kr."

§. 975. Die Metalle sind krystallisirbar, wenn die dazu erforderlichen Bedingungen Statt finden (§. 142.). Bey den spröden Metallen ist das innere krystallinische Gefüge leicht wahrzunehmen; bey den zähen fällt es darum nicht in die Augen, weil eben wegen ihrer Dehnbarkeit sich beym Zerstücken die Lage ihrer Theile ändert; „vergleiche jedoch oben §. 145. u. f. Kr."

§. 976. Die meisten Metalle sind in ihrer Schmelzhitze feuerbeständig, wie Gold, Silber, Kupfer, Platin, Eisen, Bley, Zinn, Nickel, Kobalt, Manganesium, Wolfram; einige aber sind flüchtig, und lassen sich in verschlossenen Gefäßen in die Höhe treiben, wie Quecksilber, Wismuth, Zink, Arsenik, Tellur und Spießglanz. Die Feuerbeständigkeit der ersteren ist freylich nur relativ und man hat in der größten Hitze großer Brenngläser selbst das Gold sich verflüchtigen gesehen.

§. 977. Die meisten Metalle lassen sich unter einander zusammenschmelzen, und es entspringen daraus mannigfaltige **Metallgemische**, **Metallversetzungen**, oder **Legirungen**, die wegen ihrer besondern Eigenschaften oft von sehr großem Nutzen sind. Diese Metallgemische sind oft dichter, als sie der Berechnung nach seyn sollten, oft weniger dicht. Merkwürdig ist es, daß einige Metalle gar nicht mit einander zusammengeschmelzt werden können.

Wir merken hier von diesen Metallgemischen: die Legirung des Goldes mit Kupfer oder Silber; die Legirung des Silbers mit Kupfer: beyde zu Münzen und andern Arbeiten; die Bronze (Aes), das Glockengut, Stückgut, aus Kupfer und Zinn; das gelbe Kupfer, Messing, Tomback, Semilor, aus Kupfer und Zink; das Zinn-Amalgam, aus Quecksilber und Zinn, zur Belegung der Spiegel; das Schnellloth, aus Zinn, Bley und Wismuth; das weiße Kupfer, aus Kupfer und Arsenik.

§. 978. Alle Metalle, nur Gold (Silber) und Platin ausgenommen, erfahren eine höchst merkwürdige Veränderung, wenn sie beym Zutritte der Luft der Schmelzhitze ausgesetzt werden. Um die hierbey Statt findenden Umstände besser wahrnehmen zu können, stelle man folgenden Versuch an. Man nehme eine genau abgewogene Menge von gleichen Theilen Bley und Zinn, und lasse sie in einem flachen Calcinirscherben schmelzen. Das Metall verliert sehr bald seine glänzende, spiegelnde Oberfläche, und wird mit einer grauen, erdigen Haut überzogen. Man streiche diese mit einem eisernen Spatel zurück, so kommt zwar wieder eine neue metallisch-glänzende Fläche zum Vor-

schein; sie wird aber bald wieder von neuem mit der grauen, erdigen Haut bedeckt, und man kann endlich so bey fortgesetzter Arbeit alles Metall in einen solchen grauen Staub verwandeln. Wenn man das Metall bis zum Glühen erhitzt, so geht diese Veränderung schneller vor, und man sieht endlich das Metall ganz deutlich ursprünglich leuchtend werden, oder verbrennen, und es ist jetzt der Unterschied, daß der entstandene Staub eine gelbliche Farbe erlangt. Durch Umrühren desselben muß man suchen, die noch nicht veränderten Theile des Metalles mit der Luft in Berührung zu bringen, wo sie dann jene Veränderung leicht erfahren. Wenn man bey dieser Arbeit Sorge trägt, daß von dem Metalle nichts verloren geht, so findet man nach Endigung des Processes nach dem Erkalten, daß der pulverige, dem Ansehen nach erdige Rückstand etwa 12 Procent mehr wiegt, als das dazu angewandte Metall.

§. 979. Es geht also bey diesem Versuche der metallische Glanz, der Zusammenhang, die Geschmeidigkeit, und eine große Anzahl sinnlicher Eigenschaften des Bleyes und Zinnes verloren, und diese Metalle verwandeln sich dem Ansehen nach in eine Erde. Eine ähnliche Veränderung widerfährt auch bey gleicher Behandlung jedem dieser Metalle besonders. Metall, das auf eine Weise diese Veränderung erfahren hat, nannte man sonst **Metallkalk**, **metallische Erde** (Calx s. Terra metallica), gegenwärtig ein **Metall-Oxyd** (Metallum oxydatum); Metall hingegen, das mit allen vorher beschriebenenen Eigenschaften versehen ist, nannte man sonst **regulinisches Metall** oder **metallischen König** (Regulus), gegenwärtig schlechthin **Metall**, oder **reines Metall**. Die Operation, durch welche das Metall aus diesem in jenen Zustand versetzt wird, hieß sonst **Verkalkung** (Calcinatio), jetzt **Oxydirung** (Oxydatio), indem wir in der Folge sehen werden, daß die gedachten Veränderungen in einer Verbindung des Metalls mit Oxygen ihren Grund haben.

§. 980. „Schwache Oxydationen sind oft mit auffallenden Farbenänderungen verknüpft; z. B. das verschiedenfarbige Anlaufen des Stahls, Kupfers ꝛc. — Der Farbenwechsel des im Wasser zur grünen Flüssigkeit gelösten sogen. mineralischen Chamäleons (durch Schmelzen eines Gemenges von 1. Th. Braunstein und 3 Th. Salpeter oder 2 Theil Aetzkali bereitet), oder mangansauren Kali's, durch Zusatz von Säuren, welche die grüne Farbe durch zahlreiche Abstufungen in feuerroth verkehren, gehört nur zum Theil hierher. Kr."

§. 981. „Nach Thomson's Vorschlag theilt man die Oxyde nach ihren Oxydationsstufen ein, in Oxyde des ersten, zweyten, dritten, vierten ꝛc. Grades, und unterscheidet diese Stufen durch Vorsetzung der ersten Sylbe der griechischen Zahlwörter. Die Worte Protoxyd und Peroxyd bezeichnen dabey die äußersten Grenzen der Oxydation; jenes das am wenigsten enthaltende Sauerstoff, dieses das mit Sauerstoff gänzlich gesättigte Oxyd. Dem Protoxyd folgt demnach das Deutoxyd, diesem das Tritoxyd, dem das Tetoxyd ꝛc. Kr."

§. 982. Alle Metalle, nur Gold (Silber) und Platin ausgenommen, werden im Feuer beym Zutritte der Luft oxydirt. Man unterscheidet daher jene, welche durchs Feuer nicht oxydirt werden können, durch den Namen der edeln Metalle (Metalla nobilia) von den übrigen, welche unedle (Metalla ignobilia) genannt werden.

§. 983. Die Oxyde der schweren Metalle haben nach dem Unterschiede der Metalle sowohl, woraus sie entstanden sind, als nach dem Grade der bey der Oxydirung angewandten Hitze, verschiedene Farben und verschiedene Natur. Einige zeigen offenbar eine saure Beschaffenheit. Die Oxyde der unedeln Metalle, nur das des Quecksilbers ausgenommen, gehen alle, wo nicht für sich allein, doch in Verbindung mit andern, beym Schmelzen in ein Glas, oder wenigstens in eine glasigte Schlacke von ansehnlicher Dichtigkeit über. Die

Schmelz-

Schmelzhitze, die dazu erforderlich ist, ist größer, als die, wobey die Metalle dieser Oxyde fließen.

§. 985. Die metallischen Gläser (Vitra metallica) besitzen andere Eigenschaften, als ihre Metalle. Sie fließen im Feuer in den irdenen Schmelzgefäßen nicht mehr mit convexer Oberfläche, lösen Erden und Alkalien im Flusse auf, was die Metalle selbst nicht thun, und lassen sich mit regulinischen Metallen durchaus nicht vereinigen. Bey dem Verglasen behalten die feuerbeständigen Metalloxyde die Zunahme des Gewichts, die sie bey ihrer Entstehung über das Gewicht des angewandten Metalls erhalten haben. Die metallischen Gläser besitzen verschiedene Farben, und die metallischen Oxyde ertheilen auch den erdigten und salzigten Gläsern, womit sie sich verglasen, ihrer unterschiedenen Natur nach verschiedene Farben, oft schon, wenn sie ihnen nur in geringer Menge zugesetzt werden. Metalloxyde, die für sich kein durchsichtiges Glas geben, können anderm Glase, mit dem sie zusammengeschmolzen werden, auch die Durchsichtigkeit rauben. Auf die Verbindung anderer Gläser mit den metallischen, und die Färbung durch dieselben, gründet sich die Bereitung der künstlichen Edelgesteine und Glasflüsse, der Pigmente zum Porzellan- und Emailmahlen, der Schmelzgläser, des Emails, der Glasuren und des Bleyoxydreichen Flintglases.

§. 986. Wenn man ein Oxyd von Bley, z. B. Bleyglätte oder Mennige, mit Kohlenstaub vermengt, in einem bedeckten Schmelzgefäße der Schmelzhitze aussetzt, so verwandelt es sich wieder in metallisches Bley. Diese Operation, durch welche man die metallischen Gläser und Oxyde wieder in Metall verwandelt, heißt das **Wiederherstellen** oder **Reduciren** ((Reductio).

§. 987. Die Wiederherstellung (Desoxydirung) der unedeln Metalle aus ihren Oxyden und Gläsern erfordert allemal den Zusatz einer verbrennlichen Substanz, wie z. B. der Kohle, oder solcher Dinge, die Kohlenstoff enthalten,

als: Seife, Pech, Harz, Fett, Oel. „Bey schwer flüssigen Metalloxyden kann man sich aber nur der feuerbeständigern Reducirmittel bedienen. Im Hüttenwesen dient gewöhnlich das Brennmaterial, die Kohle, zwischen denen man die Erze schmelzt, selbst zum Reducirmittel. Um übrigens bey strengflüssigen Oxyden ihren Fluß und die bessere Scheidung des reducirten Metalls von der Schlacke zu befördern, oder diese dünn-flüssiger zu machen, braucht man noch Zusätze, die als Flüsse (§. 574.) dienen.

„Mit Hülfe der Hitze des Knallluftgebläses werden die Oxyde der meisten unedlen schweren Metalle und Metalloide reducirt; jedoch scheint bey manchen dieser Reductionen das zum Verbrennen gebrauchte, im Uebermaaß zugesetzte brennbare Gas Sauerstoff entziehend zu wirken. Außerdem sind sämmtliche Metalloxyde mit Hülfe des elektrisirten Wasserstoffs des in galvanischer Zersetzung begriffenen Wassers reducirbar. Kr."

§. 988. Ob man gleich die edeln Metalle nicht durch Feuer und Luft oxydiren kann (§. 983.), so kann es doch auf andern Wegen geschehen, wie die Folge lehren wird. Ihre Oxyde unterscheiden sich aber von denen der unedeln Metalle dadurch, daß sie zu ihrer Wiederherstellung keines Zusatzes einer verbrennlichen Substanz bedürfen, sondern beym Schmelzfeuer in der Glühehitze für sich wieder zu regulinischen Metallen werden. Und hierin ist ihnen auch ähnlich das Oxyd des Quecksilbers oder Merkurs und zum Theil auch des Bleyes. Kr."

§. 989. Alle Umstände bey dem Oxydiren der Metalle durch Feuer und Luft lehren, daß dieser Proceß ein wirkliches Verbrennen ist, und daß die Metalle verbrennliche Substanzen sind. Auch finden dabey durchaus eben dieselben Phänomene Statt, als beym Verbrennen anderer Substanzen (§. 821.). Denn 1) beym Ausschlusse des Oxygengas ist keine Oxydirung der Metalle durchs Feuer allein zu bewerkstelligen. In genau verschlossenen Gefäßen, oder unter einer Decke von Glas, Schlacken, Kohlenstaub u. dergl. geschmolzen, bleibt das regulinische Metall regulinisch. Auch geschieht die Oxydirung des Metalles nur an

der Oberfläche desselben, wo die Luft Zutritt hat. 2) Beym Oxydiren der Metalle durch die Hitze wird das Oxygengas verzehrt, und in einer bestimmten Menge desselben kann nur eine gewisse Menge des Metalles oxydirt werden. 3) Der Ueberschuß des Gewichts des Metalloxyds über das des dazu angewandten regulinischen Metalles ist gleich dem Gewichte des dabey verschwindenden Antheils des Oxygens.

Grens system. Handb. der Chemie, Th. III. *Lavoisier* traité élément. T. I, S. 85.

§. 990. Die Theorie des Oxydirens der Metalle kommt also ganz mit der Theorie des Verbrennens überhaupt (§. 835.) überein. Die unedeln Metalle sind nemlich verbrennliche, oder solche Substanzen, die bey einem gewissen Grade der Temperatur das Vermögen besitzen, das Oxygen anzuziehen. Wenn sie also beym Zutritte der atmosphärischen Luft im Schmelzen den dazu nöthigen Grad der Hitze erreicht haben, so erfolgt ihre Verbindung mit dem Oxygen der Luft; oder, nach der oben (§. 835.) vorgetragenen Hypothese, sie zersetzen das Oxygengas dadurch, daß sie sich mit dem Oxygen desselben verbinden, während ihr Brennstoff mit dem Wärmestoff austritt. Die Metalle werden durch die Verbindung mit dem Oxygen natürlicherweise in ihrer Natur und in ihren Eigenschaften geändert; sie werden Metalloxyde, und durch Schmelzen derselben metallische Gläser. Die Gewichtszunahme und die Uebereinstimmung dieser mit dem Gewichte des verschwundenen Oxygengas erklärt sich nun leicht; so wie der Umstand, warum beym Ausschlusse aller Luft die Oxydirung der Metalle durchs Feuer nicht Statt hat, und warum in einer bestimmten Menge von Luft nur eine gewisse Quantität des Metalles sich oxydiren kann.

„Nach der Bergmannschen Verwandtschaftslehre sah man sich gezwungen, anzunehmen, daß die Verwandtschaft zweyer Stoffe eine Kraft sey, welche durch die Wärme bald vermehrt, bald vermindert werde. Nach Berthollet ändert die Wärme bloß die Umstände ab, welche der Wirksamkeit einer Verwandtschaftskraft förderlich oder hinderlich sind, indem sie die Cohäsionskraft fester Körper entweder schwächt oder aufhebt, und in flüchtigen Stoffen ein erhöhetes Be

streben, in den ausdehnsamen Zustand überzugehen, hervorbringt. Diese einfache und klare Ansicht erklärt alle die scheinbaren Widersprüche der Verwandtschaftstafeln auf trocknem und nassem Wege. Die Anwendung auf die Desoxydation der Metalle ist leicht. — Die meisten Metalle erweichen oder schmelzen in der Hitze, einige verflüchtigen sich sogar; schmelzen sie nicht für sich, so setzt man ihnen einen Fluß zu. In allen diesen Fällen wird ein Hinderniß der Desoxydirung weggenommen oder geschwächt. Da ferner das Oxygen im abgesonderten Zustande eine permanente Luftart ist, so wächst bey steigender Wärme sein Bestreben, in den ausdehnsamen Zustand überzugeben. Ist die Verwandtschaft, durch welche es gebunden wird, schwach, wie bey den edeln Metallen, so kann die bloße Erhöhung der Temperatur dieß Bestreben so erhöhen, daß es stärker wirkt, als die Verwandtschaft des Metalles: dann erfolgt die Desoxydation per se. Bey den unedeln Metallen muß sich mit der Kraft der Wärme noch die entgegengesetzte Verwandtschaft der Kohle vereinigen, um die Kraft, mit welcher das Oxygen am Metalle hängt, zu überwältigen. F."

§. 991. Um dieß zu bestätigen, reibe man 1 Unze Bleyglätte mit 2 Quentchen Kohlenstaub genau zusammen, schütte das Gemenge in eine kleine irdene Retorte, setze diese mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung, und erhitze sie stufenweise bis zum Glühen. Anfangs tritt die atmosphärische Luft aus, aber nachher folgt kohlensaures Gas. Nach Endigung der Operation findet man das Bleyoxyd in der Retorte zum regulinischen Bley hergestellt.

§. 992. Man nehme ferner 1 Unze rothes Quecksilberoxyd, reibe es mit einem Quentchen Kohlenstaub innig zusammen, und verfahre wie vorher (§. 991.) Man wird hierbey ähnliche Producte erhalten, nehmlich kohlensaures Gas und laufendes Quecksilber, das, weil es in der Hitze flüchtig ist, überdestillirt und sich in der Mittelflasche sammelt. — Lavoisier fand hierbey, daß 1 Unze (franz.) rothes Quecksilberoxyd 7 Quentchen 34,3 Gr. laufendes Quecksilber gab; daß dabey 75,5 Cubikzoll (paris.) kohlensaures Gas entwickelt wurden, deren Gewicht 52,45 Gr. beträgt; und daß von der angewandten Kohle 14,75 Gr. verzehrt worden waren. Diese 14,75 Gr. Kohle hatten also 37,7 Gr. Oxygen aus dem Quecksilber in sich genom-

men, während sie dieses zum regulinischen Quecksilber reducirt hatten.

Lavoisier oben (§. 909.) angef. Abhandl.

§. 993. Die edlen Metalle besitzen eine geringe Verwandtschaft zum Oxygen. Dieß ist der Grund, warum sie nicht durch bloße Wärme oxydirbar sind, aber auch der Grund von der Wiederherstellung ihrer, durch andere Mittel erzeugten, Oxyde, vermittelst des glühenden Flusses für sich, ohne Reducirmittel (§. 988.). Im letzten Falle ist ihnen das Oxyd des Quecksilbers ähnlich, das zwar bey einem Grade der Hitze vor dem Glühen durch das Oxygengas oxydirt werden kann, aber durch die Glühehitze sein Oxygen wieder entläßt. So wird das Quecksilber ein sehr gutes Mittel, die atmosphärische Luft zu zerlegen und ihre Zusammensetzung zu zeigen. Man nehme eine Unze rothes Quecksilberoxyd, schütte es in eine kleine gläserne Retorte, die durch eine Mittelflasche mit dem pneumatischen Apparate in Verbindung ist. Man erhitze die Retorte vorsichtig bis zum Glühen. Anfänglich tritt die atmosphärische Luft der Geräthschaft aus; nachher aber geht reines Oxygengas über, wobey sich das Quecksilber reducirt und in die Mittelflasche überdestillirt. Das Gewicht alles erhaltenen Quecksilbers beträgt etwa 32 Gran (nürnb.) weniger, als das dazu angewandte Oxyd.

§. 994. Bey der Wiederherstellung der Oxyde der edeln Metalle und des Quecksilbers verbindet sich also in der dazu erforderlichen Glühehitze (nach der Hypothese §. 835.) die Basis des Lichts oder der Brennstoff des Feuers wieder mit dem Metalle, und der Wärmestoff wieder mit dem Oxygen, und dieser tritt als Oxygengas aus; und das Metall kommt dadurch wieder in den regulinischen Zustand.

§. 995. Die Metalle besitzen nach ihrer specifischen Natur nicht gleich starke Verwandtschaft zum Oxygen. Auch ist die Quantität Oxygen, das gleiche Quantitäten specifisch

verschiedener Metalle bis zu ihrer Sättigung aufnehmen, nicht gleich groß.

§. 996. Nicht nur die Oxyde der verschiedenen Metalle unterscheiden sich von einander durch einen verschiedenen Gehalt von Oxygen; sondern es ist auch ein und dasselbe Metall eines verschiedenen Grades der Oxydirung fähig, und seine, solchergestalt mit verschiedener Quantität von Oxygen verbundenen Oxyde unterscheiden sich in ihren Eigenschaften, ihrer Farbe und ihrem Verhalten gegen andere Körper. So verwandelt sich z. B. das Bley beym stärkern oder schwächern Oxydiren, nach Maaßgabe der Hitze, in ein graues, oder gelbes, oder röthliches Oxyd; das Quecksilber durch Schütteln in der gewöhnlichen Temperatur der Luft in ein schwarzes, durch stärkere Hitze in ein rothes Oxyd.

§. 997. Ein Metalloxyd, das so viel Oxygen aufgenommen hat, daß es die Gränze der Sättigung damit erreicht hat oder ihr nahe ist, nenne ich ein **vollkommenes Metalloxyd**, im Gegensatze von einem **unvollkommenen** (*Oxyde métallique du premier degré d'oxydation*), das noch nicht mit Oxygen gesättigt oder noch einer stärkern Oxydirung fähig ist.

§. 998. Die vollkommenen Oxyde einiger unedeln Metalle entlassen in der Glühehitze für sich einen Antheil ihres Oxygens, und verwandeln sich so in unvollkommenere Oxyde, wie z. B. die rothe Mennige, das schwarze Oxyd des Mangans (Braunsteins), das rothe Eisenoxyd, die Arseniksäure. Hierauf gründet sich die Anwendbarkeit des Braunsteins zur Gewinnung des Oxygengas (§. 824.).

§. 999. Die unedeln Metalle verbinden sich nicht nur in der Hitze und beym Schmelzen mit dem Oxygen der Luft, sondern entziehen dasselbe auch verschiedenen andern Materien, womit es vereinigt ist, so daß es also außer der

Oxydirung der Metalle durch Feuer und Luft noch mehrere Mittel giebt, Metalloxyde hervorzubringen.

§. 1000. Ein sehr wirksames Mittel hierzu ist der Salpeter, mit welchem alle Metalle, deren Oxyde durch bloßes Glühen nicht wieder hergestellt werden (§. 988.) in der Glühehitze unter den schon bekannten Erscheinungen (§. 938 ff.) verpuffen, und in vollkommene Oxyde verwandelt werden, die mit dem Kali des Salpeters zurückbleiben.

§. 1001. Diejenigen Metalle, deren Anziehung zum Oxygen sehr stark ist, wie z. B. Eisen, Mangan und Zink, entziehen es auch in der Glühehitze dem Hydrogen, und zersetzen solchergestalt das Wasser, wovon schon oben (§. 868 ff.) ein Beyspiel vorgekommen ist. Sie werden dabey aber nur in unvollkommene Oxyde verwandelt. Auch schon in der gewöhnlichen Temperatur, aber freylich nur sehr langsam, können die erwähnten Metalle das Wasser zersetzen, und sich durch Aufnahme seines Oxygens in unvollkommene Oxyde verwandeln.

§. 1002. Metalle, deren Verwandtschaft zum Oxygen nicht sehr stark ist, lassen sich aus ihren Oxyden durch Hydrogengas auch wieder herstellen, wenn man sie darin unter einem Glascylinder durch Hülfe eines Brennglases hinlänglich zum Schmelzen erhitzt, wobey sich aus dem Oxygen des Metalloxydes und dem Hydrogen wieder Wasser erzeugt. Der Versuch läßt sich mit Bleyoxyden, und noch leichter mit Quecksilberoxyd anstellen. Metalle, die das Oxygen sehr stark anziehen, werden auf diese Weise zwar aus vollkommenen Oxyden zu unvollkommenern gebracht, aber doch nicht völlig hergestellt, z. B. Eisen.

Priestley, in Crell's chem. Annalen. J. 1786. B. I. S. 25.

„Der Hauptgrund von der mindern Wirksamkeit des Hydrogens, als Reductionsmittels, liegt offenbar in seinem ausdehnsamen Zustande, der nur immer einem sehr kleinen Theile seiner Masse verstattet zur Berührung mit dem Oxyd, also zur Wirksamkeit zu gelangen. Eben so leicht erklärt sich, warum der Versuch bey einem schmelzbaren Oxyd (wie das Bleyoxyd) oder einem der Verflüchtigung fähigen (wie Quecksilberoxyd) am besten gelingt. F."

§. 1003. Alle unedeln Metalle verlieren mit der Zeit an der Luft, und zwar einige früher, andere später, ihren metallischen Glanz, werden unscheinbar oder laufen an, und einige davon werden in Rost verwandelt. Dieses Rosten ist eine wahre Oxydation der Metalle, woran aber die Feuchtigkeit der Atmosphäre so viel Antheil haben möchte, als das Oxygen derselben. Dieser Rost ist oft ein vollkommenes Metalloxyd und gewöhnlich auch mit Kohlensäure aus der Atmosphäre verbunden.

§. 1004. Die Metalle sind in den Säuren auflösbar: doch wirkt nicht jede Säure auf jedes regulinische Metall. Die Auflösung aller regulinischen Metalle in Säuren geschieht mit Entwickelung von Gas; „nur das Jod und das wäßrige Chlorin und dessen Sauerstoffsäuren machen eine Ausnahme. Kr." Die Gasarten, die sich dabey erzeugen, sind: mit concentrirter Schwefelsäure schweflichtsaures Gas, mit verdünnter, Wasserstoffgas, mit Salpetersäure Salpetergas (§. 924 ff.), und in gewissen Fällen oxydirtes Stickgas (§. 931.) oder bloßes Stickgas, mit gemeiner Salzsäure Wasserstoffgas (§. 879.).

§. 1005. Schon die Theorie dieser Gasarten lehrt, daß die regulinischen Metalle bey ihrer Auflösung in Säuren Oxygen aufnehmen und sich oxydiren, und daß sie in ihren sauren Auflösungsmitteln nicht als regulinische Metalle, sondern als Metalloxyde enthalten sind. Da auch die edeln Metalle von Säuren aufgelöset werden können, so folgt, daß auch sie dabey oxydirt werden; und dieß ist auch das Mittel, die edeln Metalle in den oxydirten Zustand zu versetzen.

„Der allgemeine Grund, warum alle Oxydation der Metalle in den Säuren weit leichter von Statten geht, als an der Luft, so daß sich selbst die edeln Metalle darin oxydiren, liegt theils in der schwächern Verwandtschaft, wodurch das Oxygen, besonders in der Salpetersäure, an die Basis der Säure gebunden ist, theils in dem tropfbaren Zustande der Säuren, wodurch ihr Oxygen in stärkerer Masse mit dem Metalle in Berührung kommt. F."

§. 1006. Die metallischen Auflösungen in Säuren können die Metalle entweder als unvollkommene oder als vollkommene Oxyde enthalten, nach Maaßgabe der dabey angewandten Hitze oder der Zerlegbarkeit der Säuren. Ein und dasselbe Metall kann also mit einer und derselben Säure verschiedentlich geartete Verbindungen geben. Diese Verbindungen der oxydirten Metalle mit den Säuren machen eine wichtige Klasse von Salzen, die metallischen Salze (Salia metallica), aus, die sich unter einander sowohl nach der Natur der metallischen Basis, als der Säure, die sie enthalten, als selbst des Grades der Oxydation, mannigfaltig von einander unterscheiden.

§. 1007. Die feuerbeständigen Alkalien schlagen das in Säure aufgelösete Metall, wegen der nähern Verwandtschaft der Säuren zu ihnen, nieder, und der Niederschlag ist das Metalloxyd, welches aufgelöset war, aber gemeiniglich mit einem größern oder geringern Antheile der Säure verbunden.

§. 1008. Die verschiedenen Metalle schlagen sich wechselseitig aus ihren Auflösungen in Säuren nieder. Man hänge z. B. in die Auflösung des Kupfers in Schwefelsäure (des Kupfervitriols) ein polirtes Stahlblech, so wird dieses auf seiner Oberfläche bald mit regulinischem Kupfer überzogen werden, und mit der Zeit wird bey hinreichender Menge von Eisen alles Kupfer niederfallen, und die Kupferauflösung in genau verschlossenen Gefäßen in Eisenauflösung verwandelt werden. Man bemerkt bey diesen Niederschlägen eines Metalles durch ein anderes wenig oder keine Spur von Gasentwickelung, wenn die Solutionen keine freye Säure enthalten. Da aber doch das fällende Metall nicht anders aufgelöset werden kann, als wenn es sich oxydirt, so folgt, daß es sich auf Kosten des gefällten Metalles oxydire und dieses eben dadurch wieder herstelle.

„Ueber die hiebey wirkenden Elektricitäten, und durch dieselben aus dem Wasser geschiedenen Wasserbestandtheile vergl. m. Einleit. in die neuere Chem. S. 118 ff. und dies. Grundr. weiter unten 4tes Hauptstück. Kr.“

§. 1009. Die Niederschlagung eines aufgelöseten Me- aus einer Säure durch ein anderes regulinisches ge- t also durch die Anziehung des fällenden Metalles zum en, welche stärker ist, als diejenige, welche das auf- te Metall dagegen besitzt. Die Ordnung, in welcher ie Metalle aus den Säuren einander niederschlagen, also die Verwandtschaftsfolge derselben gegen das Oxy- und es läßt sich daraus auch erklären, warum sie bey Säuren einerley ist.

Nach mehrern Beobachtungen findet folgende Verwandtschaftsfolge Metalle zum Oxygen statt:

Zink.
(Mangan, Kobalt, Nickel.)
Eisen.
Bley.
Zinn.
Kupfer.
Wismuth.
Spießglanz.
Arsenik.
Quecksilber.
Silber.
Gold.
Platin.

„Genau genommen ist es ein zusammengesetztes Spiel von Kräf- n, das bey der Fällung eines Metalles durch das andere wirksam . Man sehe: Berthollet über die Gesetze der Verwandtschaft, . 147 ff. der deutschen Uebersetzung. F."

§. 1010. Mehrere Metalle bilden bey ihrer Nieder- ung aus den Säuren durch andere regulinische Metalle llinische Gruppen, und geben so Gelegenheit zur Ent- ng der sogenannten künstlichen Vegetationen und allbäumchen (*Vegetationes metallicae*).

ierher gehört insbesondere: 1) der Silberbaum (*Arbor Dianae*). n nimmt drey Theile gesättigter Auflösung des Silbers in Salpeter- e, zwey Theile gesättigte Auflösung des Quecksilbers in Salpeter- e, und zwanzig Theile destillirtes Wasser, vermischt es mit einan- seihet es klar durch, und gießt es in ein enges cylindrisches Glas flachem Boden auf drey Theile von einem Amalgama, das aus m Theile Silber und sieben Theilen Quecksilber gemacht und völlig linisch ist. Es schlägt sich nun durch die Zeit und Ruhe das Sil- regulinisch nieder, amalgamirt sich mit dem überflüssigen Quecksil- und bildet krystallinische Anschüsse, deren Gruppirung die Vege- n ausmacht.

2) Der Bleybaum (*Arbor Saturni*). Man löset Bleyzucker in destillirtem Wasser auf, seihet die Auflösung klar durch, schüttet sie in einen schmalen Glascylinder, und hängt an einen Faden ein Stück oder eine Stange Zink hinein. Es schlägt sich das Bley durch die Ruhe krystallinisch nieder, und hängt sich an den Zink an.

3) Der Zinnbaum (*Arbor Jovis*). Man erhält ihn, wie den vorigen, wenn man in die Auflösung des Zinnes in Essigsäure regulinischen Zink hängt.

„Vergl. m. Einleitung a. a. O. Kr."

§. 1011. Der Schwefel verbindet sich im Flusse mit allen Metallen, und löset sie auf, ausgenommen Gold, Platin und Zink. Die Gemische, welche daraus entspringen, die Schwefelmetalle (Metalla sulphurata, *Sulfures metalliques*), sind verschieden, nicht bloß nach Verschiedenheit der Metalle selbst, sondern auch bey einem und demselben Metalle, je nachdem es regulinisch oder als unvollkommenes Oxyd mit dem Schwefel vereinigt ist. Die Natur liefert uns dergleichen Verbindungen von Schwefel und Metallen häufig, als Erze.

§. 1012. „Die Schwefelverbindungen der leichtflüssigen Metalle sind strengflüssiger, als die Verbindungen der minder schmelzbaren Metalle. Kr."

§. 1013. Einige Schwefelmetalle verwittern in feuchter Luft. Durch die Verbindung des Metalles und des Schwefels wird die Anziehung derselben zum Oxygen verstärkt: sie entziehen ihn sowohl der Feuchtigkeit, als dem Oxygengas, und es erzeugt sich nun so schwefelsaures Metall. Beym Verwittern des Schwefeleisens (Schwefelkieses) kann auch wohl Selbstentzündung entstehen (§. 840.) Daß an diesem Verwittern der Schwefelmetalle auch die Feuchtigkeit der Atmosphäre Antheil habe, erhellet aus dem schwefelhaltigen Hydrogengas, welches sich bey der Einwirkung von Eisenfeil, Schwefel und Wasser erzeugt.

„Die Cohäsionskraft der Schwefelmetalle ist weit geringer, als die der reinen; daher ihre leichtere Oxydirbarkeit. G."

§. 1014. „Trocknes Sauerstoffgas wirkt bey gewöhnlicher Temperatur nicht auf die Schwefelmetalle, feuch-

tes in der Regel ziemlich schnell, dieselbigen in schwefelsaure Metalloxyde wandelnd. Kr."

§. 1015. Merkwürdig ist es, daß, wenn Schwefel und regulinische Metalle zusammengeschmolzen werden, bey der ersten Einwirkung des Schwefels darauf, sich Glühen des entstehenden Gemisches zeigt, obgleich die Schmelzhitze nicht das Glühen erreicht, und obgleich alles Oxygengas hierbey ausgeschlossen ist. Der Versuch läßt sich leicht mit einem Gemenge von einem Theile Schwefel aus drey Theilen Kupferfeil in einer Glasröhre über Kohlenfeuer anstellen. Die Erklärung des Phänomens ist schon oben gegeben worden.

§. 1016. Das Schwefelalkali ist ebenfalls ein kräftiges Auflösungsmittel für die Metalle auf trockenem Wege. Diese Verbindung löset sich auch im Wasser auf. Wenn man zu der Auflösung der mit Schwefelalkali vereinigten Metalle eine Säure setzt, so wird das Schwefelalkali natürlicher Weise zerstört, und es fallen der Schwefel und das Metall zusammen nieder. Aber dieser Niederschlag ist keineswegs als reines Schwefelmetall zu betrachten, wie man bisher geglaubt hat, sondern ist eine Verbindung des Schwefelmetalles mit Hydrogen, die man wasserstoffhaltiges Schwefelmetall (Metallum hydrogenio - sulphuratum) nennen könnte. Berthollet nennt sie *Hydrosulfures*.

§. 1017. Im schwefelhaltigen Hydrogengas laufen die regulinischen Metalle an, nur Gold und Platin ausgenommen, indem sie daraus Schwefel anziehen, „und Wasserstoffgas frey machen. Kr." Vollkommene Metalloxyde werden hierbey zu gleicher Zeit mehr in den regulinischen Zustand gebracht.

§. 1018. Der Phosphor geht mit den regulinischen Metallen Vereinigung ein, wie der Schwefel, und macht sie leicht-flüssig.

§. 1019. Mit dem Kohlenstoffe gehen nur wenige Metalle Verbindungen ein. Das Reißbley ist ein Beyspiel dieser Zusammensetzung. Von diesen kohlenstoffhaltigen Metallen (Metalla carboneata, *Carbures metalliques*) kennt man jetzt, außer dem aus Eisen, „welches mit wenigem reinen Kohlenstoff den Stahl giebt, das Kohlenstoff-Kupfer, „Platin, „Merkur (?), „Zinn ꝛc. Kr.“

§. 1020. „Mit dem Boron gehen Platin, Eisen und einige Alkalimetalle, mit dem Chlorin, Jodin und Fluorin die meisten Metalle und mit dem Wasserstoffe und Metallhaltigen Gasen das Arsenik, Tellur, Zink, Wismuth, Kupfer, Eisen, Zinn, desgleichen verschiedene Alkalimetalle Verbindungen ein. Die Betrachtungen dieser einzelnen Verbindungen, so wie überhaupt der besonderen Eigenschaften der einzelnen Metalle, gehört für die Chemie. Vergl. Gren's Grundriß der Chemie. 3te Auflage. Halle 1818. 8.

„Auf galvanischem Wege lassen sich die meisten Metalle mit Wasserstoff zu festen, meist erdigen Gemischen vereinigen, die sich unter andern auch durch ihr Verhalten zu den Wasserstoffhaltigen Säuren auszeichnen; vergl. m. System d. Chemie. 2te Abth. u. m. Einleitung a. a. O. Kr.“

§. 1021. „Auch mit dem Stickstoffe gehen die Metalle Verbindungen ein, jedoch nie ohne Vermittelung eines zweyten oder dritten Grundstoffes. Außer den Metallsalzverbindungen, welche eine oder die andere Art von Salpetersäure, oder statt derselben Ammoniak, oder Blaustoff, Anthrazothion, oder thierische Säuren, oder Stickstoff haltige organische Bildungstheile enthalten, gehören hierher vorzüglich mehrere sog. Knallmetalle, z. B. das Knallgold, Knallplatin, zwey Arten Knallsilber und Knallmerkur. — Vergl. John's Handwörterbuch der Chemie. B. II. S. 250 u. f. Kr.“

§. 1022. „Das Silber bildet außerdem mit Sauerstoff und Chlorin ein, mit Schwefel und andern Brennbaren sehr heftig detonirendes Salz, hierin die übrigen

oxychlorinsauren Salze antreffen. — Auch die neutralen Metalloxyde (Hyperoxyde oder Suroxyde), z. B. das braune Hyperoxyd des Bley's, verpuffen lebhaft mit brennbaren Materien, durch Reibung oder Schlag. Kr."

Zusammengesetzte Substanzen organischer Körper.

§. 1023. Die organischen Körper bestehen aus einer nur geringen Anzahl von Grundstoffen; und die große Verschiedenheit, die wir in den so mannigfaltigen Producten derselben in Ansehung ihrer sinnlichen Eigenschaften antreffen, rührt nicht sowohl von dem Unterschiede in der Qualität, als vielmehr von dem verschiedenen quantitativen Verhältnisse in der („durch organische oder Lebenskräfte geleiteten, und darum nur durch das Leben, innerhalb belebter Masse erzeugbaren. Kr.") Verbindung der Grundstoffe her.

„Döbereiner erhielt Fett, als er Wasserdämpfe über glühende Kohlen wegleitete: Isis 1817. 5. H. S. 576. Es ist anzunehmen, daß die Kohle gänzlich ausgeglüht und überall Kohle (nirgends halbverkohlte Faser) war, und daß das Wasser keine ätherisch öligen Theile; Staub rc. enthielt, wie z. B. das destillirte Wasser der Apotheker, dessen organische Beymischung Simon und Ritter darthaten; vergl. m. Materialien zur Erweiterung der Naturkunde. Jena 1805. 8. S. 541. 215. und meine Experimentalphysik. Cap. IV. Kr."

„Koelreuter glaubt, daß die in den den heißen Quellen Baden-Badens vorkommende organische Substanz (die ich 1806 und 1807 auch fand und von einem wirklichen Organismus — einer vermutheten Tremella ableitete) ähnlichen Ursprungs sey. Kr."

§. 1024. So weit die chemische Zergliederung der Körper der Pflanzen und Thiere jetzt reicht, hat man folgende einfachere ponderable Grundstoffe in ihnen angetroffen; Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff; dann auch Phosphor, Schwefel, Calcium, Silicium, Magnium, Natronium, Kalium, — Chlor, Jod, Fluorin — Eisen und selten Mangan, Kupfer, und Baryum.

§. 1025. Aus diesen Grundstoffen sind die eigenthümlichen Zusammensetzungen gebildet, die man als näher

re oder unmittelbare Bestandtheile der organischen Körper ansehen kann, und durch deren Aggregation der Bau der letztern aufgeführt ist. Diese Zusammensetzungen sind bloß das Werk lebender Organe; und die Kunst vermag zwar, sie in ihre Grundstoffe zu zerlegen, kann sie aber nicht hervorbringen.

Bestandtheile der Körper des Pflanzenreichs.

§. 1026. „Die Körper des Gewächsreichs zeigen außer den meisten von denen §. 845. aufgeführten Gewächssäuren und außer den Alkaloiden folgende nähere Bestandtheile: 1) Schleim, oder Gummi (und Bassorin), 2) Harz (Hartharz und Weichharz), 3) Gummiharz, 4) Federharz, 5) Kleber, 6) Stärke (mit Einschluß des Inulin und der Moosstärke), 7) Eyweißstoff, 8) Zucker (mit Einschluß des Mannazucker, Traubenzucker, Schleimzucker, Scheele's Süß und Süßholzstoff oder Glycyrrhizin); 9) Emetin, 10) Saponin, 11) Olivil, 12) Asparagin, 13) Pikrotoxin, 14) Opian, 15) Cinchonin, 16) Rhabarbarin, 17) Gerbestoff (Eisen-bläuender, Eisen-grünender), 18) fettes Oel, 19) Talg oder Stearine, 20) Wachs (Cerin und Myricin) 21) ätherisches Oel mit vielem Aether, 22) Kampfer (mit mehreren sonst theils zu den Harzen gezählten, theils als scharfe Stoffe aufgeführten Arten), 23) Bitterstoff (mit vielen, sich täglich mehrenden Arten), 24) Färbestoff (extractiöser — und harziger, von denen jeder viele Arten hat), 25) Indigo (farbloser, purpurner, blauer und grüner), 26) Faserstoff; oder fadiges Gewebe (mit Einschluß des Medullin, Kork, Fungin, Pollenin und Cevadin).

„Die nähern Bestandtheil der Organismen, oder richtiger der Leichname, nenne ich Bildungstheile: vergl. m. Einleit. in d. neuere Chem. 3. Abschn. Kr."

§. 1027. Wenn frische Pflanzen einer Hitze ausgesetzt werden, die nicht über den Siedepunct des Wassers geht, so werden sie ausgetrocknet oder gedörrt. Sie entlassen hierbey ihr wesentliches Wasser, das ohne Zweifel als solches einen Bestandtheil in ihnen vorher ausmachte; aber sie können auch andere wesentliche oder nähere Bestandtheile in dieser Temperatur verlieren, und dadurch beträchtliche Aenderungen ihrer Kräfte und Eigenschaften erleiden, wie z. B. das ätherische Oel den scharfen und den narkotischen Grundstoff.

§. 1028. In einer Hitze, die den Siedepunkt des Wassers übersteigt, erfahren die vegetabilischen Körper eine noch weit merklichere Veränderung; Sie werden geröstet; ihre Mischung wird augenscheinlich verändert, und ihre Grundstoffe treten durch Einfluß des Wärmestoffes in andere Verhältnisse und zu neuen Producten zusammen, wie schon daraus abzunehmen ist, daß sie durch dieses Rösten sämmtlich einen eigenen Geruch und Geschmack erhalten, denn man den brenzlichen (Empyreuma) nennt, und der vorher nicht wahrzunehmen war.

§. 1029. Bey einer stärkern Hitze und dem gehörigen Zutritte der Luft entzünden sich endlich die vegetabilischen Körper, brennen sämmtlich mit Flamme, und lassen nach dem völligen Einäschern einen feuerbeständigen Rest, der gegen das Ganze immer nur sehr wenig beträgt.

§. 1030. Der Ruß (Fuligo), der sich aus der Flamme der brennenden Vegetabilien ansetzt, ist Kohlenstoff, der wegen des nicht vollständigen Zutritts der Luft zum Innern der Flamme nicht verbrennen konnte, und theils mit dem Rauche mechanisch fortgerissen, theis daraus niedergeschlagen wurde. Es können ihm freylich mehr oder weniger fremdartige Theile anhängen, und er kann deßhalb von verschiedener Beschaffenheit seyn.

Glanzruß, Flatterruß, Oelruß, Kienruß.

§. 1031. Alle diese Theile, welche bey dem Rösten und Verbrennen der vegetabilischen Körper sich zerstreuen, kann man auffangen und solchergestalt näher untersuchen, wenn man die Erhitzung derselben bis zu eben dem Grade in einer Retorte vornimmt, die mit dem nöthigen Apparate verbunden ist. Man nehme z. B. Späne von Büchenholz, fülle damit eine beschlagene irdene Retorte bis zu zwey Drittel an, kitte eine gläserne gekrümmte Röhre mit einer oder mehrern Mittelflaschen luftdicht an ihren Hals, und lasse die Mündung der letztern Leitungsröhre unter den Trichter der mit heißem Wasser oder mit Quecksilber gefüllten pneumatischen Wanne treten. Man gebe gelindes Feuer, und verstärke es allmählig bis zuletzt zum Glühen der Retorte. Anfangs entweicht die atmosphärische Luft der Geräthschaft; dann gehen eigene Gasarten und Nebel über; die erstern treten unter die Recipienten der Wanne, die letztern verdichten sich durch Abkühlung in den Mittelflaschen.

§. 1032. Man erhält hierbey eine außerordentlich große Menge von Gas. Ein großer Theil desselben ist kohlensaures Gas, und läßt sich durch Kalkwasser, Kalkmilch, oder ätzende Lauge scheiden. Das zurückbleibende Gas ist entzündbar, hat einen unangenehmen, brenzlichen Geruch, und besitzt Eigenschaften des Hydrogengas; unterscheidet sich aber von dem reinen Hydrogengas durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, durch eine consistentere Flamme, mit der es brennt, und dadurch, daß es, bey seinem Abbrennen mit Lebensluft in verschlossenen Gefäßen, nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure liefert, auch nachdem es aufs sorgfältigste von allem anhängenden kohlensauren Gas vorher befreyet worden ist. Es constituirt also eine eigene Gasart, die man kohlenstoffhaltiges Hydrogengas (Gas hydrogenium carbonatum, *Gaz hydrogène carboné.*) *) nennt.

*) Synonymon: Schweres brennbares Gas. „Vergl. oben §. 921. Kr."

§. 1033. Die Erscheinungen dieses Gas zeigen also, daß Hydrogen und Kohlenstoff zusammen seine Basis ausmachen, und folglich Bestandtheile des Holzes gewesen seyn müssen, woraus man es erhält. Das kohlensaure Gas, das man zugleich mit gewinnt, setzt voraus, daß außer dem Kohlenstoffe auch noch Oxygen darin zugegen seyn müsse. Uebrigens aber ist die Kohlensäure nicht präexistirend als solche im Holze zugegen gewesen; sondern es waren ihre Grundstoffe vorher in andern Verhältnissen und mit den andern Bestandtheilen zu andern Zusammensetzungen vereinigt. Erst bey der Erhitzung bis zu einem gewissen Grade tritt ein Antheil Kohlenstoff mit einem Antheile Oxygen zur Kohlensäure zusammen, und bildet mit dem Wärmestoffe kohlensaures Gas; zugleich aber vereinigt sich ein Antheil Hydrogen des Holzes, in Verbindung mit etwas Kohlenstoff, mit dem Wärmestoffe, und tritt als kohlenstoffhaltiges Hydrogengas aus. Dieses entzündbare Gas ist es, welches beym Erhitzen des Holzes im Freyen die Flamme bildet, womit das Holz verbrennt.

§. 1034. Die übrigen flüchtigen Theile, die außer den Gasarten bey der trockenen Destillation des Holzes (§. 1031.) ausgetrieben werden, verdichten sich in den Mittelflaschen durch Abkühlung zu tropfbaren Flüssigkeiten. Sie bilden theils eine wässerige Flüssigkeit, die gelbroth von Farbe, brenzlich von Geruch, und offenbar sauer ist, die man sonst einen Spiritus nannte; theils ein Oel von einem starken brenzlichen Geruche und einem scharfen Geschmacke, welches auf der wässerigen sauren Flüssigkeit schwimmt, anfangs dünner und heller ist, zuletzt aber bey zunehmender Hitze dunkler von Farbe, dicker von Consistenz, und zäher und pechartiger wird. Die erhaltene saure Flüssigkeit ist bey ihrer gehörigen Reinigung nicht von der Essigsäure verschieden. Sie hat eine zusammengesetzte Grundlage aus Kohlenstaff und Hydrogen; sie präexistirte vorher, als solche, nicht im Holze, sondern ihre Bestandtheile [illegible]

ten in andern Verhältnissen unter einander verbunden, und selbst ihr wässeriger Antheil ist erst ein Product des Feuers, aus dem Hydrogen und Oxygen des Holzes neu erzeugt. Auch das brenzliche Oel (Oleum empyreumaticum) ist ein Product und kein Educt, und präexistirte vorher nicht als solches im Holze. Bey seinem Verbrennen mit Lebensluft bildet sich Wasser und Kohlensäure; und seine Bestandtheile sind auch Hydrogen, Kohlenstoff, und etwas Oxygen. Das Verhältniß des Kohlenstoffes darin ist desto größer, je später es überdestillirt und je größer die Hitze dabey ist.

§. 1035. Einige Pflanzen geben bey der trockenen Destillation keine saure Flüssigkeit, wie das Holz, sondern vielmehr Ammoniak. Dieses Ammoniak konnte nicht vorher, als solches, in den Pflanzen gegenwärtig seyn, wo es sich auch durch nichts darin darthun läßt, sondern es wird ebenfalls erst aus seinen Bestandtheilen in stärkerer Hitze zusammengesetzt, und zeigt, daß auch der Stickstoff in die Mischung sehr vieler Pflanzen und ihrer nähern Bestandtheile eingeht.

§. 1036. Der Rückstand nach der Destillation des Holzes (§. 1031.) ist nun die Kohle. Sie ist nur der Antheil des Kohlenstoffes des Holzes, der nicht mehr Oxygen genug antraf, um als Kohlensäure auszutreten, noch Hydrogen, um als kohlenstoffhaltiges Hydrogengas, oder beydes zusammen, um als empyreumatische Säure oder als empyreumatisches Oel überzugehen.

§. 1037. In der Regel ist die sogenannte reinste, aufs stärkste ausgeglühete Pflanzenkohle noch etwas metalloid und metallhaltig; die Metalloide und Metalle geben beim Verbrennen der Kohle die — Kohlensäure haltige — Asche. Kr."

§. 1038. Bey dem Verbrennen des Holzes sowohl, als aller vegetabilischen Körper, unter dem vollkommenen Zutritte der freyen Luft, wird der Antheil Kohlenstoff, der

bey trockener Destillation zurückbleibt, durch Aufnahme des Oxygens zur Kohlensäure, die als Gas entweicht; und es bleibt dann bloß die Asche (Cinis) zurück, ein zur Unterhaltung des Feuers nicht weiter geschicktes Pulver, das die feuerbeständigen Theile des Körpers ohne weitern Zusammenhang in sich enthält. Außer den erdigen Theilen enthält die Asche der Gewächse noch salzige Theile, die sich durch Auslaugen mit Wasser von jenen trennen lassen. Die meisten Pflanzen liefern so aus ihrer Asche durch Auslaugen, und durch Eindicken und Abrauchen der Lauge bis zur Trockniß, Kali. Es ist immer mit etwas Kohlensäure verbunden, die wohl von der Zersetzung der Kohle beym Verbrennen an das Alkali getreten ist; sonst enthält es aber auch noch verschiedene andere Salze, die es verunreinigen, wie z. B. schwefelsaures Kali. Die sogenannte Pottasche (Cineres clavellati) ist ein solches, wiewohl unreines, Kali, aus der Asche der Holzarten gewonnen. Die Asche verschiedener am salzigen Meerufer wachsenden Kräuter unterscheidet sich von andern dadurch, daß sie nicht Kali, sondern Natrum enthält. Dergleichen Asche ist die verkäufliche Soda.

§. 1039. Die nach dem Auslaugen der Asche der Pflanzen zurückbleibenden erdigen Theile sind nach Beschaffenheit des Bodens, worauf die Pflanze wuchs, verschieden, und mehrentheils Kalk-, Thon- und Kieselerde, manchmal auch phosphorsaure Kalkerde. Oft enthält diese Pflanzenerde auch Eisenoxyd und Braunstein.

§. 1040. „Die näheren Bestandtheile (Bildungstheile) der Pflanzen zerfallen zunächst in nur Kohlenstoff und die Wasserbestandtheile enthaltende, und in solche, die außerdem noch Stickstoff enthalten, und sich dadurch den thierischen Bildungstheilen nähern. Gay-Lussac und Thenard's aus (späterhin berichtigten) Zersetzungen [illegible]dener Pflanzenbildungstheile abgeleitete Folgerungen, [illegible] Pflanzentheile die mehr Sauerstoff enthalten, als [illegible]

erstoff enthalten, um Wasser zu bilden, Pflanzensäuren ienen, daß umgekehrt Harze, Oele (Weingeist) und ähnliche sehr brennbare Materien im obigen Sinne vorwaltenden Wasserstoff und die übrigen Bildungstheile die Wasserbestandtheile nur im Verhältniß, wie sie im Wasser vorkommen, enthalten, zwei der Ausnahmen, von denen jene keine ... geringeren ist, daß es Pflanzenalkaloide mit vorherrschendem Sauerstoff, und Pflanzensäuren mit (in Bezug auf Wasserbildung) überschüssigem Wasserstoff giebt. Kr."

„Vergl. m. Grundr. d. Chemie Heidelberg 1807. 8. S. 112, und m. Einleitung in d. n. Chemie. Halle 1814. S. 516—526 u. f. — Eine Nachweisung des Gesetzmäßigen in unorganischen und organischen Verbindungen, und der Grundverschiedenheit beyder f. am Schlusse dieses Hauptstücks. Kr."

§. 1041. „Die Bestimmung der Beschaffenheiten und Eigenschaften der Bildungstheile überhaupt, mithin auch der Pflanzenstoffe gehört für die Chemie; vergleiche Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie. III. Band. Kr."

Zusammensetzungen in thierischen Körpern.

§. 1042. Im Allgemeinen unterscheiden sich die meisten thierischen Substanzen dadurch von den vegetabilischen, daß sie verhältnißmäßig mehr Stickstoff und Phosphor enthalten. Die merkwürdigsten nähern Bestandtheile der thierischen Körper sind außer den oben (§. 845.) erwähnten Thiersäuren folgende: 1) Harnzucker, 2) Milchzucker, 3) Augenschwarz und Sepienschwarz, 4) Thierleim, 5) Osmazom, 6) Speichelstoff, 7) Eyweiß, 8) Käsestoff, 9) Faserstoff, 10) Thierschleim, 11) Blasenoxyd, 12) Harnstoff, 13) Blutroth, 14) Thierbitter, 15) Fett, 16) Talg (und Wachs), 17) Wallrath, 18) Thierharz, 19) Flüchtiges Oel, 20) Thierfarbestoff, von denen 1, 2, 11, 12, 13 ausgenommen, die meisten in mehrere Arten zerfallen. Kr."

§. 1043. In Thier- und Pflanzenleibern kommen außer den erwähnten Bildungstheilen noch verschiedene Salze vor, die theils nur der organischen Natur angehören, theils auch in der anorganischen heimisch sind. Zur ersteren gehören unter andern die äpfelsauren, milchsauren, oxalsauren, weinsteinsauren, citronensauren, benzoesauren rc. Salze, zu letzteren vorzüglich der kohlensaure und phosphorsaure Kalk, das salzsaure und schwefelsaure Natron. Kr."

§. 1044. Bey der trockenen Destillation geben die thierischen Körper alle kohlenstoffhaltiges Hydrogengas (§. 1032.) und kohlensaures Gas, und die mehresten außer einem brenzlichen Oele kohlensaures Ammoniak; nur wenige geben eine brenzliche Säure. Die Entstehung dieser Producte läßt sich aus den (§. 1042.) angeführten Grundstoffen leicht erklären.

§. 1045. Die Kohle solcher thierischen Substanzen, welche bey der trockenen Destillation Ammoniak geben (§. 1044.), z. B. von Gallerte, Eyweiß, Blut, Knochen, ist besonders noch dadurch merkwürdig, daß sie, mit ätzenden feuerbeständigen Alkalien in bedeckten Gefäßen geglühet, der nachher mit Wasser auszuziehenden Lauge das Vermögen ertheilt, das Eisen aus seinen Auflösungen in Säuren als Berlinerblau niederzuschlagen. Es bildet sich nehmlich aus dem jener Kohle noch anhängenden Stickstoffe und Kohlenstoffe, „Blaustoff", der mit Wasserstoff die Blausäure darstellt, welche an Alkalien gebunden, die Eisenauflösung blau fällt; vergl. oben §. 935. Kr."

§. 1046. „Der im Berlinerblau (einem [illegible] Thonerde haltigen Gemisch) die Farbe bestimmende Bestandtheil ist Blaustoff oder Cyanogen, welcher entsteht, indem der Wasserstoff der Blausäure (des blausauren Alkali) mit dem Sauerstoff des aufgelösten Eisenoxyds Wasser bildet (nachdem das Alkali die das Eisen zuvor aufgelöst haltende Säure neutralisirt hat), und das dadurch frey

[illegible]nde Cyan mit dem ebenfalls und gleichzeitig freygeworde-nen Eisen sich eine, wie ich bereits 1813 in meiner Einlei-[illegible] die neuere Chemie andeutete; (a. a. O. S. 452. Anm.) und Gay-Lussac späterhin durch Versuche bewies. Kr."

„Hinsichtlich der [illegible] und Verhältniß der einzelnen Thier[illegible] gilt das §. 1026 in der Anmerkung gesprochene. Kr."

§. 1047. „Die weiße erdige Materie, welche nach [sc]harfem Durchglühen der Knochen übrigbleibt (Knochen-[a]sche), besteht größtentheils aus phosphorsaurem Kalk. Da fast alle organischen Stoffe aus brennbaren Grundstof-[f]en bestehen, so kann die Analogie leicht zu der Vermuthung [f]ühren, daß auch der Phosphor selbst, nicht die Phosphor-[s]äure, in den Knochen enthalten sey, und die letzte erst [d]urchs Glühen der Knochen entstehe. Allein die genauern Untersuchungen, welche seit Scheele mehrere Naturfor-[s]cher, besonders Vauquelin und Fourcroy angestellt ha-[b]en, zeigen deutlich, daß die feste Grundlage der Knochen [s]chon vor dem Glühen hauptsächlich aus phosphorsaurem Kalk [b]estehe. F."

Von selbst erfolgende Veränderung der Mischung orga-nischer Körper.

§. 1048. „In den lebenden organischen Körpern er-[f]olgen zwar durch die Functionen des Lebens beständige Mi-[s]chungsveränderungen der verschiedenen Stoffe, welche zu [d]en nähern Bestandtheilen der organischen Körper gehören, [u]nd die Absonderungen beruhen hauptsächlich hierauf. „Es [e]rfolgen aber diese Mischungsveränderungen nach Gesetzen, [ü]ber welchen noch sehr viel Dunkelheit liegt, und die augen-[s]cheinlich von den chemischen Gesetzen der unorganischen Na-[t]ur sehr verschieden sind. F." Wir haben es daher hier nur [m]it den von selbst erfolgenden Veränderungen der Mischung [z]u thun, die in der todten organischen Substanz Statt fin-[d]en. Alle todten organischen Substanzen sind dieser von-

selbst erfolgenden Veränderung ihrer Mischung unterworfen, wenn sie, bey einem hinlänglichen Grade der Wässerigkeit und Wärme von dem Zugange der Luft nicht ganz ausgeschlossen sind. Man nennt diese von selbst erfolgende Zerstörung ihrer Mischung Gährung (Fermentatio).

„Alle Gährungserscheinungen sind von mechanischen Bedingungen und Erscheinungen abhängig. Nach ihren Erzeugnissen habe ich sie in 9 verschiedne Arten zerfallen lassen; vergl. m. Einleit. in die neuere Chemie S. [illegible] ausführlicher, wie auch Bemerkungen über Aether- und Naphthabildungen in dem von mir herausgegebenen Berlinischen Jahrb. für Pharmac. 1817. (18ter Jahrg.) S. 121 u. f.

Tr."

§. 1049. Nach der Beschaffenheit der Substanz, welche in Gährung begriffen ist, auch wohl nach der Dauer der Gährung selbst, sind die Producte verschieden, die sich dabey bilden. Man hat hiernach dreyerley Arten von Gährung unterschieden: die weinigte Gährung (Fermentatio vinosa); die saure oder Essiggährung (Fermentatio acida); und die faulige Gährung oder Fäulniß (Fermentatio putrida, Putrefactio). Indeß ließen sich allerdings noch mehrere Arten festsetzen.

Weingährung.

§. 1050. Die schleimig-zuckerartigen Stoffe des Pflanzenreichs erfahren sehr bald eine auffallende Veränderung ihrer Mischung, wenn sie, bey dem gehörigen Grade der Verbindung mit Wasser und bey der Wärme (von 60 bis 70 Gr. Fahrenh.) vom Zutritte der Luft nicht ganz ausgeschlossen sind.

§. 1051. Um die Erscheinungen, die dabey Statt finden, wahrnehmen zu können, wähle ich den Most, oder den ausgepreßten Saft der Weintrauben, als Beyspiel. Wenn man denselben in einer enghalsigen Flasche in eine Temperatur von etwa 70 Gr. F. ruhig hinstellt, so geräth er sehr bald in eine innere Bewegung; die Durchsichtigkeit und Klarheit verliert sich; die Masse wird trübe; es

reißt sich eine große Menge von Luftbläschen aus dem Innern derselben los, die auch wohl mit einem merklichen Geräusche hervorbrechen, und wegen der Zähigkeit der Materie, worin sie eingeschlossen sind, eine Schicht auf der Oberfläche der Flüssigkeit, den Gäsch, bilden. Sie sind durchaus kohlensaures Gas, das nach Beschaffenheit der gährenden Materie und der dabey Statt findenden Temperatur oft in ungemeiner Menge hervorbricht, und bey verhindertem Austritte auch wohl die Gefäße sprengen kann. Nach einer längern oder kürzern Zeit lassen diese Erscheinungen der Gährung nach; der Schaum verliert sich, die gegohrne Materie wird wieder klar und hell, und es entbindet sich kein kohlensaures Gas weiter. Jetzt scheint die Natur gleichsam einzuladen, diesen Zeitpunkt zu nutzen, und die Bedingungen zu entfernen, unter welchen die Gährung anhob, und unter welchen eine neue Mischungsveränderung eintreten würde. Die gegohrne Materie zeigt jetzt eine veränderte Natur: der süße Geschmack des Mostes und seine Klebrigkeit haben sich verloren, und er hat den weinartigen Geruch und Geschmack, und berauschende Kräfte erhalten, die man vorher nicht an ihm wahrnahm. Es hat sich ein dicker Satz geschieden, der die sogenannten Hefen (Faeces, Mater vini) ausmacht.

„Ueber die Natur der Hefen oder des Ferment's vergl. Gmelin's Chemie. B. III. S. 1436—1443. Kr."

§. 1052. Das Bedürfniß hat den Menschen vielerley weinartige Getränke aus mancherley Pflanzenstoffen bereiten gelehrt. Aber in allen ist nur die zuckerartig-schleimige Materie die Grundlage derselben, und der weinartigen Gährung fähig; und es giebt daher außer dem eigentlichen Weine aus Traubensaft noch eine große Menge anderer weinartiger Getränke. „Hierher gehört unter andern der Cider oder Aepfelwein, der Meth aus Honig, das Bier aus Malz.

§. 1053. „Weingeist bildet sich in dem Verhältniß wie Zucker in Kohlensäure und Wasserstoffram (oder Was-

serhaltigem) Kohlenwasserstoff, d. i. Weingeist elektrisch-chemisch zerlegt wird. Kr."

§. 1054. Bey solchen Dingen, die nicht sehr geneigt zur Gährung sind, oder worin der Zuckerstoff mit zu vielen andern Theilen verbunden ist, befördert man die Gährung durch den Zusatz gewisser Substanzen, die man Gährungsmittel (Fermenta) nennt. Dahin gehören Materien, die entweder schon selbst in Weingährung begriffen oder sehr geneigt dazu sind.

§. 1055. Wenn man guten, geistreichen Wein aus einer gläsernen Retorte mit einer Vorlage im Sandbade bey wohl verklebten Fugen und gelinder Hitze destillirt, so geht eine Flüssigkeit, in eigenen, fett [illegible] Streifen in die Vorlage über, die einen starken erwärmenden Geschmack, einen durchdringenden Geruch, und berauschende Kraft besitzt, sich entzünden läßt, und mit einer Flamme ohne Rauch und Ruß verbrennt. Der überdestillirte flüchtige Theil des Weines heißt Weingeist (Spiritus vini), brennbarer Geist (Spiritus ardens, inflammabilis), Branntwein (Vinum adustum). Er enthält immer noch wässerige Theile beygemischt, die zu gleicher Zeit mit übergingen. Alle gegohrnen weinartigen Getränke geben bey der Destillation diesen brennbaren Geist, und zwar immer um desto mehr, je besser sie sind. Die im Handel vorkommenden oder zum Bedürfnisse verwendeten Branntweine werden auch aus andern, oft in dieser Absicht bloß zur Weingährung gebrachten, weinartigen Flüssigkeiten gezogen.

§. 1056. „Brandes Untersuchungen verdanken wir eine genaue Bestimmung der aus Weinen darstellbaren (und respective darin enthaltenen) mittleren Menge [illegible] Weingeist's oder Alkohol's.

„Brandes Tabelle über die in verschiedenen Arten Weines enthaltene mittlere Menge Alkohols vergl. Journ. of Science [illegible] IV. S. 289.

Namen der Weine	Verhältniß des Alkohols auf 100 Theile Wein dem Volum nach
Lissa	25,41
Rosinenwein (raisin wine)	25,12
Marsala	25,9
Madera	22,27
Johannisbeerwein	20,55
Xeres	19,17
Teneriffa	19,79
Colaras	19,75
Lacryma Christi	19,70
Weißer Constantia	19,75
idem rother	18,92
Lissaboner	18,94
Malaga von (1666)	18,94
Bucelles	18,49
Rother Madera	20,35
Muskat vom Kap	18,25
Madera vom Kap	20,51
Traubenwein (vin de raisin)	18,11
Carcavello	18,65
Vidonia	19,25
Alba Flora	17,26
Malaga	17,26
Weißer Eremitage	17,43
Roussillon	18,13
Claret, oder Bordeauxwein	15,10
Malvasier von Madera	16,40
Lunel	16,52
Chiras	15,52
Syracuser	15,28
Sauterner	14,22
Burgunder	14,57
Hock (Rheinwein)	12,08
Nice	14,63
Barsac	13,86
Tinto	15,50
Champagner	15,80
Brausender Champagner	12,61
Rother Hermitage	12,32
Grave	13,37
Frontignac	12,79
Côte rotier	12,32
Stachelbeerwein	11,84
Pomeranzenwein zu London gemacht	11,26
Tokayer	9,88
Holunderbeerwein (Elder wine)	8,87
Der geistigste Cider	9,87
idem, der wenigstgeistige	5,21
Birnwein (poire)	7,26
Meth	7,32
Bourtoner Aele (Bier)	8,88

Namen der Weine	Verhältniß des Alcohols auf 100 Theile Wein dem Volumen nach
Edinburgher Aele	6,20
Dorchester Aele	5,56
Mittel	6,87
Starkbier, Braunbier (brown stount)	6,80
Londoner Porter	4,20
Londoner Halbbier	1,28
Branntwein	53,39
Rum	53,68
Genever (Gin)	51,60
Schottischer Whiskey Kornbranntwein	54,32
Irländischer Whiskey	53,90

§. 1057. Der von seinem überflüssigen Wasser ziemlich genau gereinigte Branntwein heißt rectificirter Weingeist (Spiritus vini rectificatus), wenn er auch schon eben nicht aus Wein, sondern, wie in unsern Gegenden aus Kornbranntwein verfertigt worden ist. Den allerreinsten, und von allen außerwesentlichen Fusel-, Oel- und Wassertheilen durch gehörig angestellte Rectification befreyeten nennt man Alcohol oder höchstrectificirten Weingeist (Alcohol, Spiritus vini rectificatissimus). Durch Abziehen über geglüheter Pottasche oder salzsaurer Kalkerde kann man ihn, allem Ansehen nach, gänzlich entwässern, und dann heißt er absoluter Alcohol. F.*

* „Anleitungen zur Darstellung verschiedener (vom Fuselgeruch befreyeter) Branntweine, Weine, Biere 2c. enthält der Deutsche Gewerbsfreund Jahrgang 1815 — 18 u. ff. Tr."

§. 1058. Der Alcohol ist als das eigentliche Product der weinigen Gährung, und als ein eigenthümliches, durch die Natur erzeugtes Gemische anzusehen. Er ist im reinen Zustande völlig farbenlos, hell und klar, durchdringend und stark von Geruch und Geschmack, läßt sich ohne Docht leicht anzünden, und brennt, ohne Rückstand zu hinterlassen, mit Flamme ohne Rauch und Ruß. Er ist specifisch leichter als Wasser, und sein eigenthümliches Gewicht wird gewöhnlich zu 0,815 gesetzt. Lowitz (und Meißner) aber hat gezeigt, daß dieses bey der stärksten Entwässerung des Alcohols auf 0,791 heruntergebracht werden kann. Er ist

flüchtig, leicht verdunstbar, und siedet schon bey 79° C. Eben dieses ist der Grund, warum er sich durch Rectificirung entwässern läßt. Mit dem Wasser läßt sich der Alcohol in allen Verhältnissen vermischen, und beyde nehmen nach der Vermischung einen geringern Raum ein, als sie nach der Summe ihrer einzelnen Räume einnehmen sollten.

§. 1059. Wenn man die Dämpfe des Alcohols aus einer gläsernen Retorte durch ein glühendes gläsernes oder porcellanenes Rohr, das mit einer Mittelflasche und dem pneumatischen Apparate connectiret, treten läßt, so wird ein Antheil Alcohol zerlegt, und man erhält kohlenstoffhaltiges Hydrogengas und kohlensaures Gas.

„Th. v. Saussure trieb auf ähnliche Weise 81,57 Grammen Weingeist von 0,832 Eigengew. langsam durch ein glühendes Porcellanrohr und erhielt 0,05 Gran Kohle 0,41 Gr. theils blättrig krystallisirtes, theils braunes, flüssiges, nach Benzoe riechendes, flüchtiges Oel, ferner 17,24 Gran farbloses (Spuren von Weingeist und Essigsäure enthaltendes) Wasser und 66,45 Gran sogen. oxydirtes Kohlenwasserstoffgas, das [illegible] Kohlensäure enthielt, beym Verbrennen auf 100 Maaß desselben 122 Maaß Sauerstoffgas verzehrte und damit 81,15 kohlensaures Gas erzeugte. Kr.“

§. 1060. „Wird ein Gemenge von Alcoholdampf und Sauerstoffgas mittelst eines brennenden Körpers oder durch einen elektrischen Funken angezündet, so verbrennt es unter lebhafter Explosion zu Kohlensäure und Wasser. Th. v. Saussure erhielt, indem das ebengenannte Gasgemenge in dem weiter unten zu erwähnenden Voltaischen Eudiometer durch einen elektrischen Funken abbrannte, die genannten Erzeugnisse in einer Menge, welche, gemäß ihren bekannten Bestandtheilverhältnissen, die Annahme gestattet, daß im Hundert Alcohol 41,56 Sauerstoff gegen 15,82 Wasserstoff und 42,82 Kohlenstoff zugegen sind. Wollte man hiernach den Alcohol nicht als eine dreyfache organische, sondern vielmehr als eine den Salzen ähnelnde, aus zwey entgegengesetzten wirksamen bestehende Verbindung ansehen, so müßte man annehmen, daß außer dem bekannten Kohlenwasserstoffgase und dem angeblichen Mini-

wo von Wasserstoff, im Alcohol ein Kohlenwasserstoffgemisch als basische Substanz zugegen sey, die an ½ weniger Wasserstoff enthielt, als das zuvor genannte Gas, und daß gegen diesen Kohlenwasserstoff im Minimo, im Alcohol nahe 47 Theile Wasser als Säure wirken, (wenn nehmlich das Wasser als aus 1000 Sauerstoff 124 Wasserstoff bestehend betrachtet wird), und daß mithin der Alcohol basischer, wassersaurer Kohlenwasserstoff sey. Kr."

§. 1061. „Die Erzeugung des Weingeist's durch geistige Gährung des Zuckers (und des Amylon) kann betrachtet werden, als eine von (durch galvanische Elektricität bedingter) Wasserzersetzung und Wiedererzeugung des Wassers (auf Kosten der Bestandtheile des Zuckers) begleitete Zersetzung des Zuckers in Kohlensäure und Alcohol. Die Hefe dient den Proceß einzuleiten. Kr."

Lavoisier über die Verbindung des Säure-erzeugenden Grundstoffes mit Weingeist, Oelen und andern verbrennlichen Körpern; in Crells chem. Annalen, 1790. B. I. S. 518 ff.

„Theod. v. Saussure in Gehlen's Journ. B. IV. S. 55. 63. 278 und 291. Kr."

§. 1062. „Die concentrirte Schwefelsäure bewirkt in dem Weingeiste, ohne sich mit ihm zu verbinden, eine eigene merkwürdige Veränderung der Mischung seiner Grundstoffe, und erzeugt dadurch eine Flüssigkeit, die man Aether (oder Naphtha) nennt. Sie hat einen eigenen, sehr angenehmen, aber durchdringenden Geruch, und feurigen Geschmack; sie ist leichter als Weingeist; ihr specifisches Gewicht, wenn sie sorgfältig bereitet ist, ist 0,745; sie läßt sich in allen Verhältnissen mit Weingeist mischen; mit Wasser läßt sie sich nur mischen, wenn von der einen Flüssigkeit etwa zehnmal mehr als von der andern genommen wird; mischt man sie also in einem andern Verhältnisse, etwa zu gleichen Theilen, so sondern sich zwey Flüssigkeiten ab, wovon die oberste aus viel Aether und wenig Wasser, die andere aus viel Wasser und wenig Aether besteht; sie verdunstet sehr schnell, und erzeugt dadurch eine beträchtliche

Kälte; sie entzündet sich schon bey Annäherung einer Flamme vor der Berührung, verbrennt mit einer hellen Flamme, und setzt dabey Ruß ab. Ehemals glaubte man, daß auch die durch Schwefelsäure bereitete, Säure enthalte, und nannte sie daher Vitriolnaphtha (Naphtha sulphurica). F."

„Ueber den Gehalt des wäßrigen Weingeists an Alcohol vergl. auch Meißners Lhb. in dessen Aräometrie rc. Wien 1816. Th. 2. S. 87. Kr."

§. 1063. „Der Aether besteht aus 6 Kohlenstoff, 1,33 Wasserstoff und 2 Sauerstoff, und ist zu betrachten als eine Verbindung von 5,798 Alcohol mit 3,532 ölbildenden Gases. Man sondert ihn vom beygemischten Weingeiste am besten durch Barytwasser (Aetzbaryt in Wasser gelöst) oder auch durch Kalkwasser ab, und unterwirft ihn, Behufs gänzlicher Scheidung von wäßrigem Weingeist, einer nochmaligen Destillation über trocknem salzsaurem Kalk. Er stellt dann eine öligflüssige, sehr flüchtige, wasserklare, angenehm duftende, süßlich durchdringend schmeckende, durch Verflüchtigung Kälte erregende, bey heftiger, künstlicher Kälte erstarrende Flüssigkeit dar. Erhitzt man 4 Theile conc. Schwefelsäure und 1 Th. Alcohol, so wird der letztere ganz in ölbildendes Gas und Wasser zerlegt, was beweiset, daß die Aetherbildung bedingt wird durch die heftige Anziehung der Säure zum Wasser, welches der Möglichkeit nach (mit seinen einzelnen Bestandtheilen) im Alcohol enthalten ist. Kr."

„Wir können annehmen, daß bey ersterer zur Aetherbildung führenden geringeren Menge der Schwefelsäure, das ölbildende Gas nach ähnlichen Gesetzen mit Alcohol verbunden wird, und nicht zum Gaszustande gelangt, nach welchen sich Sauerstoff mit Wasser und dadurch mit Säuren, Salzen und Oxyden in vielfachen Proportionen verbindet, wenn man z. B. Thenard's Entdeckung gemäß mit Sauerstoff überladenen Baryt (d. i. das Bariumperoxyd, welches durch anhaltendes Erhitzen des Aetzbaryts in Sauerstoffgas erhalten wird) in Wasser, oder in wäßrige Säuren (z. B. Salpetersäure, Essigsäure, Salzsäure rc.) auflöst, und durch Schwefelsäure die Auflösung zersetzt; es fällt dann gewöhnlicher Baryt mit Schwefelsäure verbunden als künstlicher Schwerspath nieder, während die überstehende Flüssigkeit den durch die Schwefelsäure frey gemachten Sauerstoff auflöst, und damit die merkwürdigen Thenardschen Sauerstoffverbindungen darstellt. Wäßrige Säure oder Wasser, welches auf

diese Weise mit Sauerstoff überladen worden ist, kann noch mehrmals auf gleiche Art mit neuen Sauerstoffmengen überladen werden (z. B. die Salzsäure mit dem zefachen ihres eigenen Volums), wenn man sie wiederholt zur Auflösung neuer Bariumperoxyd-Mengen anwendet, und diese Auflösungen wiederum durch Schwefelsäure zersetzt. Mit Hülfe der mehrfach oxydirten Salzsäure gelang es Thenard, auch die Schwefelsäure und die Flußsäure zu oxydiren, indem er schwefelsaures oder flußsaures Silberoxyd in der oxydirten Salzsäure auflöste. Die letztere zerfiel dann in gemeine Salzsäure (welche mit dem Silberoxyd verbunden sich niederschlug) und Sauerstoff, der an die Schwefelsäure oder Flußsäure übergieng. Ich theile diese Nachricht mit, so wie ich sie vor wenigen Tagen durch Prof. Van Mons in Löwen brieflich mitgetheilt erhielt; ich habe Thenard's Versuche mit dem Bariumperoxyd sogleich wiederholt und bestätigt gefunden, zugleich aber auch einer Beobachtung mich erinnert, die ich über das braune Bleyoxyd machte (Berlin Jahrb. für die Pharmac. B. XX. S. 562) und derzufolge auch dieses Oxyd zur Darstellung des oxydirten Wassers und dadurch der oxyd. Säuren, Salze und Oxyde benutzt werden könnte. Verhält sich der Wasserstoff zum Wasser unter ähnlichen Umständen auf ähnliche Weise wie der Sauerstoff? Diese Frage suchte ich dadurch zu beantworten, daß ich Schwefelwasserstoff in Wasser löste und die Lösung durch reaulinische Metalle (Messing, Silber ꝛc.) zersetzte, wodurch sich dann ebenfalls der Wasserstoff an Wasser, Wasserstoffsäuren, binden zu lassen scheint; vielleicht gelingt es mir auf diese Weise ein brennbares (nehmlich durch Erhitzung ununterbrochen Wasserstoffgas entbindendes) Wasser darzustellen. Den Stickstoff nach ähnlichen Gesetzen an wäßrige Flüssigkeiten zu binden, wird größere Schwierigkeiten haben. — Die Sauerstoffungen der Salzsäure beweisen, daß das Chlor keine oxydirte Salzsäure ist. Hitze und Luftverdünnung zersetzen sehr leicht sowohl die oxydirten, wie die hydrogenirten Verbindungen und beyde veranlassen vereint: Wasserbildung. — Löst man Eisenfeile in verdünnter Schwefelsäure auf, und setzt das Gefäß nach beendeter Auflösung unter den Recipienten der Luftpumpe, so entweicht in der Guerikschen Leere — zuvor gebundenes Wasserstoffgas mit Brausen. Kr."

„Die meisten der übrigen Aether, z. B. der Salzäther, Salpeteräther, Essigäther ꝛc. sind neutrale salzartige Einungen des basischen Alcohols, oder auch des basischen Schwefeläthers mit der Säure. Alle Aether scheinen durch Annäherung zur Oelform auf Annähern zum Werthe organischer Bildungstheile hinzudeuten; s. meine Bemerk. im Berlin. Jahrb. für Pharm. B. XVIII. S. 121 u. ff. Kr."

„Wenn Aetherdampf in Berührung mit Luft ohne Flamme verbrennt (z. B. durch Berührung des Aetherdunstes mit zuvor erhitztem, sehr dünnes und kleines Platinblech), so bildet sich eine eigenthümliche, merkwürdige Eigenschaften besitzende Säure: die von Davy entdeckte Aethersäure; Faraday in Ann. de Chim. et Phys. 4, 550. Kr."

Essig-

Essiggährung.

§. 1064. Wenn die vorhin beschriebene Gährung des Weines oder der weinartigen Getränke zu lange unterhalten, oder der schon entstandene Wein in einer Wärme von 75 bis 85° F. unter dem Zugange der Luft erhalten wird, so geht abermals eine Mischungsveränderung vor, die seine vorige Natur ganz aufhebt und zerstört. Er verliert alle berauschende Kraft und wird offenbar sauer, oder zu Essig. Daher heißt diese zweyte Mischungsveränderung die Essiggährung.

§. 1065. Der Wein wird bey dieser Veränderung erst trübe, und fängt auch wohl wieder an, merklich zu brausen, wenn er noch unzersetzten Zuckerstoff enthält. Er wird auf der Oberfläche nach und nach mit einer kahnigen Haut bedeckt, und eine gewisse Menge fadenartiger Materie trennt sich von ihm los, die sich nach und nach zu Boden setzt und eine Art Hefen bildet, die sogenannte Essigmutter. Ein Hauptumstand ist nun, daß das Oxygengas der atmosphärischen Luft, die hierbey über der Fläche des in Essiggährung begriffenen Weines steht, eingesogen wird. Die Flüssigkeit wird nach und nach wieder hell und klar, und ist nun sauer. Die Periode der Essiggährung dauert um desto länger, je kühler der Wein gehalten wird und je geringer der Zutritt der Luft ist.

§. 1066. Jedes gegohrne weinartige Getränk ist für sich selbst zur Essiggährung geschickt. Alle Säfte der Pflanzen, welche den Zuckerstoff in sich haben und also in Weingährung gehen können, werden daher zu Essig, nachdem sie die Weingährung überstanden haben; und diese geht auch in solchen Säften allemal vorher, ehe die eigentliche Essiggährung oder das Sauerwerden anhebt. Die Weingährung ist in denselben freylich um desto schneller vorübergehend, und um desto weniger bemerkbar, je geringer der Gehalt des Zuckerstoffs darin, oder je mehr er durch Was-

ser verdünnt ist, oder je mehr die Luft Zugang hat und die Temperatur erhöhet ist.

§. 1067. Der Zuckerstoff ist zwar die eigentliche Grundlage der weinigten Gährung; aber zur Essiggährung sind auch andere Substanzen fähig, wie der reine Schleim, die Stärke, die wesentlichen sauren Pflanzensalze, die Gallerte, wenn sie bey der Verdünnung mit Wasser den Bedingungen zu dieser Gährung unterworfen werden. Die Essiggährung setzt also nicht immer die Weingährung voraus, und ist nicht überhaupt als eine Folge der letztern anzusehen.

§. 1068. Bey solchen Dingen, die nicht sehr zur Essiggährung geneigt sind, befördert man dieselbe durch Essigfermente. Dahin gehören alle Substanzen, die entweder schon selbst darin begriffen sind, oder sehr leicht darein gerathen, mit oder ohne vorhergehende Weingährung: z. B. Hefen von saurem Weine, saurer Wein mit seinen Hefen selbst, Sauerteig, u. dergl.

§. 1069. Die Essiggährung des Weines besteht nicht in einem Verdunsten seines Alcohols, wie bey einer zu großen Einwirkung der Wärme darauf freylich wohl geschehen kann; sondern er geht selbst in Essig über, und hilft solchergestalt die Essigsäure vermehren.

§. 1070. „Nicht nur durch saure Gährung, sondern auch durch Schütteln und langes Zusammenseyn von Sauerstoffgas und wässerigem Weingeiste, desgleichen durch trockne Destillation des Holzes und ähnlicher Körper läßt sich Essig erzeugen. Kr."

„Vergl. m. Bemerk. in dem Anhange zu Jahn's Mälzessigbrauerei. Eisenach 1818. 8. Kr."

§. 1071. Der Essig ist noch nicht reine Essigsäure, sondern jeder Essig enthält immer noch außerdem mehr oder weniger fremdartige Theile. Die Essigsäure läßt sich, da sie flüchtig ist, durch Destillation des Essigs aus demselben

darstellen. Dieser destillirte Essig (Acetum vini destillatum) ist erst als reine Essigsäure (Acidum aceticum) anzusehen. Er ist farbenlos, völlig klar und durchsichtig, angenehm säuerlich von Geruch und Geschmack.

§. 1072. Die Essigsäure ist im destillirten Essig durch sehr viele wässerige Theile verdünnt, die man durch allerley Mittel davon zu scheiden gesucht hat. Da die Essigsäure durch ihre Verbindung mit Alkalien, Erden und Metalloxyden mehr fixirt wird, und folglich nun zuläßt, daß das damit verbundene Wässerige durch Verdunsten davon geschieden werden kann, so giebt dieß ein Mittel, die Essigsäure concentrirt darzustellen, wenn man sie davon durch Schwefelsäure austreibt.

Die concentrirte Essigsäure heißt auch radicaler Essig (Acetum radicale.)

§. 1073. Die sehr stark concentrirte Essigsäure ist in der Kälte krystallisirbar. Sie schießt schon bey 38° F. zu schönen federartigen Krystallen, die bey 59° F. flüssig werden, und einen starken, höchst durchdringenden Essiggeruch in der Wärme zeigen. Diese Essigsäure ist nach dem Erwärmen entzündlich, und verbrennt mit leichter, bläulicher Flamme.

§. 1074. Die Grundlage der Essigsäure ist, wie die aller Pflanzensäuren, aus Kohlenstoff und Hydrogen zusammengesetzt, und die Essigsäure ist also als eine Modification anderer Pflanzensäuren anzusehen. Ihre Zusammensetzung läßt sich am besten dadurch darthun, daß man sie durch ein glühendes irdenes oder gläsernes Rohr treibt, wobey sie Hydrogengas und kohlensaures Gas liefert, was auch die daraus mit einem fixen Alkali bereiteten Neutralsalze bey ihrer trockenen Destillation thun.

§. 1075. Die Grundlage der Essigsäure unterscheidet sich nicht in der Qualität ihrer Grundstoffe vom Alcohol: beyde bestehen aus Kohlenstoff und Hydrogen; und das

Hauptgeschäft der Essiggährung muß also darin bestehen, diese Grundstoffe noch mit Oxygen in Verbindung zu setzen und dadurch in eine Säure umzuwandeln. Die Erfahrung lehrt, daß Oxygengas zur Essiggährung Bedingung ist, und daß es dabey verschwindet oder zersetzt wird, und daß folglich seine Basis eingesogen werde. Der Alcohol des Weines und der weinartigen Getränke nehmlich saugt allmählig dieses Oxygen ein, und wird dadurch zur Essigsäure. Dazu trägt nun die Verbreitung des Alcohols unter vieles Wässerige des Weines und die Verbindung mit andern schleimigen und sauren Theilen bey. Denn reiner Alcohol wird an der Luft freylich nicht zu Essig; er wird es aber wirklich, wenn er mit vielem Wasser verdünnt in der Wärme nicht vom Zutritte der Luft ausgeschlossen ist. Auch läßt sich aus Alcohol und concentrirter Schwefelsäure Essigsäure künstlicherweise erzeugen. Diesemnach ist die Essigsäure aus dem Weine bey der Essiggährung nicht ausgeschieden, sondern erzeugt; und die letztere besteht nicht im Verdunsten des Alcohols, sondern im Uebergange desselben in Säure. Es erklärt sich hieraus, warum der Essig um so besser werde, je geistiger der Wein war, woraus er entstand.

§. 1076. Gleichwohl macht der Alcohol nicht allein die Basis der Essiggährung aus; sondern andere im Weine befindliche Substanzen, wie Weinstein, Weinsteinsäure und Schleim, können ebenfalls darein verwandelt werden, und werden es auch, indem sie Oxygen aus der Atmosphäre in sich nehmen, wodurch denn nun die Menge des Sauren im Essig noch vermehrt wird. Eben deßhalb kann auch Essiggährung ohne vorhergehende Weingährung Statt finden, weil Substanzen, die der erstern fähig sind, nicht zur letztern geschickt seyn können, wie Schleim und Pflanzensäuren. Die Natur bewirkt bey der Essiggährung durch Oxygengas langsam und allmälig, was die Kunst schneller und gewaltsamer, aber auch mit mehrerm Verluste, durch Feuer,

oder Schwefelsäure, oder Salpetersäure ausrichtet, wenn sie jene Substanzen in Essigsäure umändert. Uebrigens müssen auch diese Stoffe, wenn sie Essiggährung erleiden sollen, durch genugsames Wasser verdünnt seyn.

„Durch die Verdünnung des Weingeists mit Wasser wird dessen elektrische Leitungsfähigkeit erhöht und dadurch die Anziehung zum Sauerstoff befördert; vergl. m. Bemerk. zu Jahn's Malzessigbrauerei. a. a. O.

§. 1077. „Die Bestandtheile der Essigsäure sind, neueren Untersuchungen zufolge, im Hundert = 47,058 Kohlenstoff, 47,058 Sauerstoff und 5,884 Wasserstoff; oder 3 Kohlenstoff, 3 Sauerstoff, und 0,375 Wasserstoff. Demnach ist die Essigsäure zu betrachten, als etwas Wasser enthaltender kohlensaurer Kohlenwasserstoff (oder als kohlensaures ölbildendes Gas.) Kr."

Einige andere Arten der Gährung.

§. 1078. Wenn man unter Gährung jede natürliche und von selbst erfolgende Veränderung der Mischung organischer Körper versteht, so muß man behaupten: daß sie bey der Ernährung und dem Wachsthume der Pflanzen sowohl als der thierischen Körper höchst mannigfaltig Statt findet; daß alle Absonderungen darin bestehen und darauf beruhen, und daß das ganze vegetabilische und animalische Leben im Grunde ein gährungsartiger Proceß ist. Wir überlassen dieß indessen der Physiologie zur Untersuchung, und bleiben hier bey den Mischungsveränderungen der todten physischen Substanz, zu denen wir dann freylich weder das Malzen des Getreides, noch das Reifen des Obstes rechnen können, weil hier die sich verändernde Substanz noch als lebend anzusehen ist.

„Man würde die Gränzen eines wichtigen und wohlbestimmten Begriffs gänzlich verwirren, wenn man die Mischungsveränderungen im lebenden organischen Körper mit unter dem Worte Gährung begreifen wollte. Diese Mischungsveränderungen sind die Wirkungen organischer Kräfte, die nach ganz andern Gesetzen erfolgen, als nach denen der anorganisch-chemischen. Unter Gährung hingegen versteht man nach dem allgemeinen und bestimmten Sprachge-

brauche nur die freywillig erfolgenden Veränderungen der organischen todten Substanz durch die Einwirkung der Luft, der Wärme, und des Wassers, nach den bloßen Gesetzen der anorganischen Chemie. Das Eigenthümliche der Erscheinungen rührt blos von der eigenthümlichen Beschaffenheit aller durch organische Kraft gebildeten Materie her. Wer von Zuckergährung, Milchgährung u. dergl. sprechen kann, übersieht den Unterschied dieser Begriffe. Selbst Brodtgährung ist aus spirituöser und saurer Gährung zusammengesetzt. F."

„Der wirklichen Gährung ähnelnde Erscheinungen und Erfolge treten ein, wenn z. B. Stärke, durch Sieden mit Wasser und Schwefelsäure in Stärkezucker, oder durch Einwirkung des Mehlleim's in Malzzucker übergeht; vergl. D. Gewerbsfreund. III. S. 330 u. ff. Kr."

§. 1079. Das Ranzigtwerden der fetten Oele und des thierischen Fettes aber scheint als eine Art von Essiggährung angesehen werden zu müssen, weil dabey sich eine anfangende Säure bildet, und der Kohlenstoff und das Hydrogen des Oels Oxygen aus der Luft in sich nehmen. Vorzüglich aber gehört die Gährung des Brodteiges hierher.

Faulende Gährung.

§. 1080. Die letzte Periode der von selbst erfolgenden Mischungsveränderungen organischer Substanzen heißt die faulende Gährung, oder Fäulniß (Fermentatio putrida, Putrefactio). Da indessen die Erscheinungen, die sich dabey zeigen, und die Producte, die sich dadurch bilden, nach Beschaffenheit der Mischung organischer Stoffe sowohl, als nach den zugelassenen Bedingungen so sehr verschieden sind: so muß man in der That mehrere Arten der hierher gerechneten Mischungsveränderung unterscheiden; sonst läßt sich von der Fäulniß nicht einmal eine befriedigende Definition geben, und auch keine Theorie entwerfen. Die Folge wird lehren, daß die Verwesung fester organischer Körper wirklich auch von der eigentlichen Fäulniß derselben ihren Ursachen und Wirkungen nach verschieden ist.

§. 1081. Man kann die Fäulniß nicht als eine Fortsetzung der Weingährung und Essiggährung ansehen: denn

nicht alle Substanzen, welche zu diesen fähig sind, erleiden jene: Nur bey solchen fäulnißfähigen Dingen, welche zugleich Bestandtheile enthalten, die zur Weingährung oder Essiggährung geschickt sind, erfolgt die Fäulniß nach diesen. Andere Stoffe gehen in Fäulniß, ohne alle Spur der erstern Arten der Mischungsveränderung.

§. 1082. 1) Eigentliche Fäulniß, oder diejenige Mischungsveränderung organischer Substanzen, wodurch sich Ammoniak und ein besonderes Effluvium von einem höchst widerwärtigen Geruche, den man den fauligen Geruch nennt, bildet, findet nur bey solchen Substanzen Statt, die neben dem Kohlenstoffe und Hydrogen noch Stickstoff und Phosphor enthalten. Dahin gehören: Eyweißstoff, Faserstoff, Gallerte, Knochenmaterie, und alle die festen und flüssigen Theile thierischer Körper, die sie enthalten.

§. 1083. Die Bedingungen, unter welchen diese eigentliche Fäulniß Statt hat, sind: ein gehöriger Grad von Feuchtigkeit und Wärme, und Zutritt der Luft, nach deren Maaßgabe die Periode dieser Mischungsveränderung schneller oder langsamer erfolgt, und früher oder später beendigt wird.

§. 1084. Die Stoffe, welche unter den genannten Bedingungen zu dieser Fäulniß fähig sind, enthalten zuerst einen faden oder dummlichen Geruch, der bald einem unangenehmen stinkenden Platz macht; der Geschmack wird ekelhaft und widrig; und wenn es feste Körper waren, so vermindert sich der Zusammenhang, der beym Fortgange dieser Periode immer mehr abnimmt, so wie der Geruch immer stinkender und widriger wird. Zu gleicher Zeit zeigt er sich auch urinös, und es entwickelt sich ganz offenbar Ammonium. Die Materie wird breyartig, verliert ihr organisches Gewebe, wenn sie dergleichen besaß, immer mehr und mehr; der Geruch ist nicht mehr mit dem nach Ammonium

vermischt, sondern höchst widerwärtig. Manchmal zeigt sich dabey in dem Rückstande auch ein Leuchten. Zuletzt bleibt, wenn nicht durch völliges Austrocknen dieser Fäulniß früher Gränzen gesetzt werden, ein geringer erdiger Rückstand, der nichts mehr von der organischen Structur an sich hat.

§. 1085. Das Ammoniak, welches sich hiebey entwickelt und den urinösen Geruch bildet, und das Effluvium, welches den eigentlich fauligen, höchst widerwärtigen Geruch erzeugt, sind also die Producte dieser Fäulniß anzusehen. Jenes bildet sich aus dem Stickstoffe und dem Hydrogen des faulenden Stoffes; letzteres liefert zum Theil auch wohl das Wasser, das dabey zersetzt wird. Dieses, das eigentlich faulige Effluvium, wird ohne Zweifel vom Phosphor der faulenden Substanz gebildet, der in Verbindung mit Hydrogen, zum Theil auch in Verbindung mit Stickstoff und Kohlenstoff, austritt.

§. 1086. Die Gasarten, die sich in der Luft, worin Körper faulen, zeigen, sind anfänglich Stickgas, hernach das Ammoniakgas, das den urinösen Geruch bildet, und phosphorhaltiges und kohlenstoffhaltiges Hydrogengas, mit kohlensaurem Gas vermischt. Auch schwefelhaltiges Hydrogengas hat man in der aus faulenden thierischen Körpern aufsteigenden Luft angetroffen.

Lavoisier über die Natur der luftartigen Flüssigkeiten, welche von einigen thierischen Stoffen in der Gährung aufsteigen: in Crell's chem. Annalen, 1789. B. I. S. 172 ff.

„Es ist kein Zweifel, daß sich die genannten Gasarten bey der Fäulniß entbinden; aber man würde sich keine genaue Vorstellung von diesen Erscheinungen machen, wenn man diese Gasarten für rein, und für eben das Ding halten wollte, was man bey einer reinlichen künstlichen Bereitung derselben erhält. Sie sind bey der Fäulniß gemischt mit expansibeln oder dunstförmigen halbzersetzten organischen Stoffen, deren Beymischung manche im reinen Zustande gar nicht schädliche Luftarten (z. B. erhitztes Stickgas, das durch Zersetzung von salpetersaurem Ammonium gewonnen worden) zu sehr schädlichen Luftarten machen können (wie eben das Gas, wenn es durch Behandlung thierischer Muskeln mit verdünnter Salpetersäure bereitet wird). Solche halbzersetzte Stoffe vermischen sich mit der atmosphärischen Luft, wo sie unstreitig in niedrigen Gegenden bestän-

dig anzutreffen sind, und erleiden erst in der Luft ihre endliche vollendete Zersetzung. F."

„Der eigentlich widrige Geruch der aus faulenden Körpern entweichendem Gase, scheint zum Theil von flüchtigen, durch die Fäulniß erzeugten Oelen, abzuhängen. Kr."

§. 1087. So entweichen also in und während dieser Fäulniß alle Grundstoffe, bis auf die erdigen, welche die Mischung der dazu geeigneten Substanz ausmachen, und treten theils in andern Verhältnissen, theils mit dem Wärmestoffe, zusammen; und so wird dadurch der vorige Körper ganz zerstört. Das Wasser und die Luft, die hierbey Bedingung sind, werden ohne Zweifel hierbey mit zersetzt, und ihr [illegible]ngen ist dabey zugleich mit wirksam.

§. 1088. Abgehalten wird die Fäulniß durch alles das, was die zu ihrer Entstehung und ihrem Fortgange nöthigen Bedingungen entfernt. Die sogenannten fäulnißwidrigen Stoffe (Antiseptica) wirken auch nur auf diese Art, nicht durch eine eigene antiseptische Kraft, die eine vis occulta wäre. Zu den Mitteln, die Fäulniß abzuhalten, gehören: das Austrocknen, der Frost, das Ueberziehen mit Harzen, Balsam, Wachs, Oel, u. dergl., das Aufbewahren in Weingeist, das Einsalzen und Räuchern, deren Wirkung sich leicht erklären läßt.

John Pringle some experiments on substances resisting putrefaction; in den *Philos. transact.* n. 495. 496. Einige Versuche mit Materien, welche der Fäulniß widerstehen, von J. Pringle; im neuen Hamb. Magaz. B. X. S. 500 ff. Experimental Essays by *Dav. Macbride*, Lond. 1764. 8. Dav. Macbride durch Erfahrungen erläuterte Versuche über verschiedene Vorwürfe, a. d. Engl. von Conr. Rahn, Zürich 1768. 8.

§. 1089. „Ausschluß des luftförmigen Sauerstoffs, mithin auch der atmosphärischen Luft ist das Hauptmittel zur Verhinderung der Fäulniß; darum kann man Speisen rc. Jahre lang unverdorben erhalten, wenn man sie in luftfreyen, verschlossenen Gefäßen aufbewahrt. Kr."

„Vergl. d. Gewerbsfr. IV. B. — Neuere Beobachtungen haben gelehrt, daß beym Räuchern des Fleisches vorzüglich die mit brenzlich

flüchtigem Oele geschwängerte Essigsäure (der sogen. Holzessig) es ist, welche gegen Fäulniß schützt. Noch stärker bewirkt dasselbe, eine wäßrige Lösung des salpetersauren Silbers.

§. 1090. 2) Wenn die vorher (§. 1082.) genannten Substanzen, die der eigentlichen Fäulniß fähig sind, unter Wasser, also vom Zugange der Luft ausgeschlossen liegen, so fangen die Erscheinungen der Fäulniß auch ebenfalls an, aber sie endigen sich anders. Es entwickeln sich Gasarten, die, wenn sie in Höhlungen und im Zellgewebe eingeschlossen bleiben, den Körper, wie z. B. Leichname, anschwellen, so daß er specifisch leichter als Wasser werden und darin zum Schwimmen gebracht werden kann, bis nach Zerstörung und allmäliger Auflösung desselben an der Luft das eingeschlossene Gas einen Ausweg findet, und der Leichnam dann sinkt, ohne wieder empor zu kommen. Die Gasarten, die sich hierbey entwickeln, sind: Stickgas, und nachher kohlenstoffhaltiges Hydrogengas, nebst Ammonium. Wird nun das Wasser, in welchem die darin aufgelöseten auszugsartigen Theile in die eigentliche Fäulniß bis zu ihrer Vollendung gehen würden und wirklich gehen, öfters gewechselt: so hört endlich die Fäulniß der rückständigen Substanz auf, und diese zeigt nun die Natur eines Fettes, oder ist zu einer wallrathähnlichen Materie geworden. Gibbes hat hierüber mehrere Versuche mit dem Fleische von Thieren angestellt.

Ueber die Verwandlung des Fleisches in eine dem Wallrath sehr ähnliche Substanz, von Georg Smith Gibbes; in Gren's neuem Journal der Physik, B. I. S. 126 ff. Ueber die Verwandlung thierischer Substanzen in eine fettige, dem Wallrath ähnliche Materie, von Ebendemselben; ebendas. B. III. S. 456 ff. „Gmelin's Chem. B. III. Kr."

§. 1091. Es wird hierbey also der Stickstoff und Phosphor der faulenden Substanz geschieden, nebst etwas Hydrogen und Kohlenstoff; aber der grössete Antheil der letztern beyden bleibt zurück, und bildet die fettige Substanz, die auch noch die organische Structur derjenigen zeigt, aus der sie entsprang. Diese Art der Fäulniß ist also von der

vorigen zu unterscheiden, wenn gleich beyde im Anfange mit einander übereinzukommen scheinen. Da man durch Maceriren des Fleisches in schwacher Salpetersäure eine ähnliche fettige Substanz daraus erzeugen kann, so scheint die eben angeführte Mischungsveränderung dadurch noch mehr bestätigt zu werden. Uebrigens ist das Wasser hierbey nicht wesentlich nothwendig, als in sofern es die respirable Luft ausschließt; und so hat man denn auch bey eingescharrten Leichnamen jene Veränderung ihrer weichen Theile in eine wallrathähnliche Materie wahrgenommen, wo die Umstände und der Mangel mit eingeschlossener atmosphärischer Luft dieselbe verstatteten.

Mémoire sur les différens états des cadavres trouvés dans les fouilles du Cimetière des Innocens en 1786. et 1787., par M. *de Fourcroy*; in den *Annales de chimie*, T. V. S. 154 ff. Deuxième Mémoire; ebendas. T. VIII. S. 17 ff.

„Als charakteristisches Kennzeichen der Verwesung thierischer oder überhaupt Stickstoffhaltiger Körper, dient das Entstehen der Salpetersäure, z. B. im Dünger, in der Düng- und Dammerde und in den Salpeterplantagen. In Ostindien erfolgt diese Säurebildung aus den häufig binnen 72 Stunden verwesenden Thierabgängen ꝛc. höchst reich, daher die dort so häufige Salpetererzeugung; vergl. d. Gewerbsfreund. B. I. 1. Heft. Kr."

§. 1092. 3) Pflanzenkörper, welche Eyweißstoff und Kleber enthalten, können deßhalb ähnliche Erscheinungen geben, als die oben (§. 1082) erwähnten thierischen Stoffe in ihrer Fäulniß. Der Schleim, der Zuckerstoff, die wesentlichen sauren Salze, der stärkeartige Theil der Pflanzenkörper, ändert indessen das Phänomen ihrer Fäulniß gar sehr ab, da sie selbst der vorhin erwähnten eigentlichen Fäulniß nicht fähig sind. Die Producte, die sich hierbey bilden, sind von denen der letztern wesentlich verschieden, wenn die Pflanzenkörper keinen nähern Bestandtheil enthalten, worin Stickstoff und Phosphor sind. Es erzeugt sich dann nicht der höchst widerwärtige Geruch der Fäulniß thierischer Dinge, und kein Ammonium; das brennbare Gas, das sich dabey entwickelt, hat zwar einen unangenehmen Geruch, der aber vom fauligen verschieden ist; es ist kohlenstoffhaltig

ges Hydrogengas, wie die Sumpfluft beweiset. Uebrigens sind zu der Fäulung der Pflanzenstoffe dieselben Bedingungen nöthig, als bey thierischen Körpern (§. 1083.)

Aless. Volta lettere al *P. G. Campi* sull' aria inflammabile nativa delle paludi, Como 1776. 8. Briefe über die natürlich entstehende Sumpfluft, von Alex. Volta, a. d. Ital. Winterthur. 1778. 8.

§. 1093. 4) Das Schimmeln vegetabilischer Stoffe muß als eine eigene Art von Fäulniß derselben unterschieden werden. Dazu sind besonders der Schleim, der Extractivstoff der Pflanzen, der stärkeartige Theil, und die süßen und sauren Salze derselben geeignet, wenn sie im Wasser aufgelöset, oder damit verdünnt, dem Einflusse der respirabeln Luft ausgesetzt werden. Es verliert der im Wasser aufgelösete Schleim hierbey seine Auflöslichkeit, und verwandelt sich in eine Art von Haut, die nicht mehr im Wasser auflösbar ist. Mir ist es wahrscheinlich, daß das Oxygen der Luft an dieser Erscheinung vorzüglich Antheil habe, und durch seinen Beytritt zum Kohlenstoffe und Hydrogen diese neue Materie bilden helfe.

„Wenn der Schimmel (wie wenigstens in den meisten Fällen die mikroscopischen Beobachtungen unzweydeutig lehren) aus kleinen kryptogamischen Gewächsen besteht, so kann man das Schimmeln nicht als eine Art von Gährung oder Fäulniß ansehen. Es ist vielmehr eine Wirkung lebendiger organischer Kräfte, die bloß aus dem organischen Stoffe, worauf sich der Schimmel erzeugt, den Nahrungsstoff zu diesen kleinen Gewächsen nehmen, wodurch aber freylich die Mischung dieses Stoffs selbst eine Veränderung leidet. Man kann also das Schimmeln wohl als etwas ansehen, wodurch eine Fäulniß befördert oder modificirt wird; aber die Schimmelerzeugung, als solche, kann man keine Fäulniß nennen. F."

„Auch gehört hieher die Entstehung der Infusionsthiere; vergl. m. Bem. im Berlin. Jahrb. d. Pharm. B. XVIII. a. a. O. Kr."

§. 1094. 5) Endlich ist die Verwesung (s. d. Anm. zu §. 1091.) noch von der eigenthümlichen Fäulniß sowohl thierischer als vegetabilischer Körper wohl zu unterscheiden, was man bisher nicht gehörig gethan hat. Sie erfolgt, wenn die zur Fäulniß nöthigen Bedingungen, Feuchtigkeit, Wärme und Luft, nur in geringem Grade zugelassen werden; und die Erscheinungen sowohl, die sich dabey zeigen,

als die Producte, die sich bilden, sind wesentlich von denen der wahren Fäulniß verschieden. Die Mischungsveränderung erfolgt weit unmerklicher und langsamer. Dieß ist z. B. der Fall bey Leichnamen, die in die Erde gescharrt sind: bey feuchten Pflanzen, die in großen Massen zusammengedrückt liegen, oder auch in die Erde gescharrt werden. Wenn hierbey viel atmosphärische Luft mit eingeschlossen ist, wie bey Leichnamen in Särgen, oder noch viel Feuchtigkeit da ist, so kann anfänglich die Periode der wahren Fäulniß eintreten, bis endlich diese wegen verminderter rückständiger Feuchtigkeit und mangelnden Oxygengas aufhört, und die bloße Verwesung Statt hat. Feuchtigkeit und Luft, besonders die erstere, dürfen indessen auch bey der Verwesung, wenn sie vor sich gehen soll, nicht ganz mangeln, und die Temperatur der Substanz darf nicht unter den Gefrierpunkt gehen.

§. 1095. Bey dieser Verwesung treten wegen veränderter Ursachen auch andere Wirkungen ein, als bey der eigentlichen Fäulniß. Die Grundstoffe der darin begriffenen Körper verbinden sich in andern Verhältnissen, als unter mehr verstattetem Einflusse von Wasser, Wärme und Luft, wobey Fäulniß, gewissermaaßen mit Ungestüm, eintreten würde. Der Stickstoff, der bey der Fäulniß mit dem Hydrogen zusammen das Ammonium bildet, tritt bey der Verwesung mit dem Oxygen zur Salpetersäure zusammen (s. d. Anm. zu §. 1091.), die als das Hauptproduct der Verwesung, besonders thierischer Stoffe, anzusehen ist, und bey der eigentlichen Fäulniß derselben (§. 1082.) sich nicht erzeugt. Diese Salpetersäure muß sich aber bey der überhaupt nur allmählig fortschreitenden Verwesung auch allmälig, und eben deßhalb unmerklich, wieder zerstreuen und verflüchtigen, wenn sie nicht eine Basis antrifft, durch die sie fixirt und bis zur Wahrnehmung angehäuft werden kann, und so manchmal als Mauersalpeter oder erdiger Salpeter in zarten Flocken ausschlägt. Ich will

zwar nicht in Abrede seyn, daß das Oxygen der zugleich mit einwirkenden atmosphärischen Luft zur Bildung dieser Salpetersäure beytragen könne; hauptsächlich aber scheint mir doch das Oxygen der verwesenden Substanz und ihrer Feuchtkeit selbst dazu beyzutragen. — Ein Antheil des Hydrogens und der Phosphor werden zwar ebenfalls bey der Verwesung in Gasgestalt geschieden, aber auch nur allmälig; und es ist daher zwar ein moderiger, aber doch kein eigentlich fauliger Geruch der verwesenden Substanzen wahrzunehmen, obgleich übrigens die leuchtenden Erscheinungen der Luft in Gegenden, wo Verwesung häufig Statt findet, davon herzuleiten seyn möchten.

„Da bey der Verwesung stets mehr oder weniger Elektricität erzeugt wird, und da dieselbe ein Gemisch von Sauerstoffgas und Stickgas, durch anhaltendes Einströmen oder mittelst Durchschlagen als Funke zu Salpetersäure zu vereinigen vermag, so ist es wahrscheinlich, daß die Verwesungs-Elektricitat bey der Erzeugung der Salpetersäure mittelst Verwesung den größten Wirkungs-Antheil hat. Kr."

§. 1096. Ein großer Antheil des Hydrogens, und derjenige Kohlenstoff, der nicht als kohlensaures Gas mit dem Oxygen austreten konnte, bleibt bey der Verwesung mit andern feuerbeständigen Grundstoffen verbunden zurück, und bildet nun das zweyte Hauptproduct dieser eigenthümlichen Mischungsveränderung, nehmlich die Dammerde (Humus).

§. 1097. Diese Dammerde ist keinesweges als eine eigenthümliche Erde, wie man sonst glaubte, sondern als wasserstoffhaltiger Kohlenstoff anzusehen, der freylich noch mit mehr oder weniger andern erdigen und salzigen Theilen verbunden seyn kann, nach Beschaffenheit der Mischung und Vermengung der verwesenden Substanz. Eben dieses Hydrogens und Kohlenstoffes wegen, den sie enthält, macht sie einen Nahrungsstoff der darin wachsenden Pflanzen aus; und die fruchtbarmachende Kraft des Düngers fürs Erdreich besteht hauptsächlich darin, daß derselbe durch Verwesung darin zur Dammerde wird, und also die Bestandtheile

ersetzt, welche die Pflanzen bey ihrem Wachsthum daraus in sich nehmen. Uebrigens kann die Dammerde auch nach Beschaffenheit der mehrern oder mindern Vollendung der Verwesung verschieden seyn, so wie die Verwesung einer Substanz durch völlige Austrocknung aufgehalten werden kann.

§. 1098. „Der Humus läßt sich übrigens mittelst Wasser der Dammerde entziehen und stellt dann ein eigenthümlich riechendes, extractartiges Gemisch dar, welches die Pflanzen ernährt, indem es durch Sauerstoffanziehung allmälig in Kohlensäure verwandelt wird. Diese wird durch die Assimilationskraft der Pflanzen, unter Mitwirkung des Lichtes in der Pflanze, welche sie eingesogen hatte, größtentheils zersetzt in Kohlenstoff, der mit Wasserstoff des mitzersetzten Wassers verbunden der Pflanze als nährender Theil verbleibt, während der Sauerstoff theils als Lebensluft, theils in Verbindung mit unzersetzt gebliebenem Wasser und etwas Kohlensäure entweicht. Bis zur Erzeugung des Saamens, oder vielmehr der zur Saamenbildung nöthigen Blüthentheile, kann das zersetzt werdende Wasser zur Nahrung der Pflanze, insbesondere der Gräser, und ähnlicher einfacher Gewächse hinreichen, zur Reifung der Frucht hingegen bedarf die Pflanze durchaus der fortdauernd in Erzeugung begriffenen Kohlensäure. Kr."

§. 1099. „Die Zersetzung des Wassers und des Humus in der Dammerde und des ersteren und der Kohlensäure in der Pflanze, scheint vorzüglich durch die Elektricität bedingt zu werden; vergl. Schübler's Abhandl. über die Natur des Bodens im D. Gewerbsfr. B. III. S. 345 ff. Kr."

Viertes Hauptstück.

Elektrische Materie.

Einige vorläufige Thatsachen und Bemerkungen.

§. 1100.

Wenn man eine trockene Glasröhre, oder ein Stück Stangenschwefel, oder Bernstein, oder eine Stange Siegellack mit einem Stücke trockenen Flanell reibt, so findet man, daß leichte und kleine Stückchen Papier, Eisenfeil, Goldblättchen, kleine Korkkügelchen, u. dergl., von diesen geriebenen Körpern erst angezogen, hernach aber wieder zurückgestoßen werden. Ist die Glasröhre von hinlänglicher Größe, und lange und stark genug gerieben worden, z. B. dadurch, daß sie durch eine Maschine in schnellen Umlauf gebracht wird, und sich dabey an einem ledernen Kissen reiben muß; so macht sie, wenn man das Gesicht etwas nahe daran hält, die Empfindung, als wenn Spinnweben übers Gesicht gezogen würden. Man spürt einen süßlichen Geruch, fast wie nach Harnphosphorus; und nähert man ihr den Knöchel eines Fingers, so bricht ein leuchtender Funke mit einem Geräusch hervor, der zu gleicher Zeit in dem Finger ein Stechen verursacht.

§. 1101. Diese Wirkungen einer noch nicht recht bekannten Ursach nennt man elektrische Erscheinungen (Phaenomena electrica), und den Zustand der Körper, worin sich diese Erscheinungen zeigen, Elektricität (Electricitas), womit man aber auch manchmal die Ursach selbst, die wir unterdessen elektrische Materie oder elektrisches

Flui-

Fluidum nennen wollen, bezeichnet. Elektrisirt heißt ein Körper, der in den Zustand gebracht worden ist, daß er die angeführten Erscheinungen zeigt; elektrisch aber derjenige, welcher dieses Zustandes fähig ist.

„Zu dem Namen Elektricität gab die griechische Benennung des Bernsteins Anlaß. Der Name, wie wenig er auch den Eigenschaften der elektrisirten Körper entspricht, hat in den Sprachen aller gebildeten Völker das Bürgerrecht erhalten und wird nun auch selbst in der lateinischen den ächtrömischen Benennungen ebenbürtig erachtet. Kr."

§. 1102. Wenn man den hinlänglich elektrisirten Glascylinder oder die Siegellackstange einem starken metallenen, gehörig abgerundeten und ohne starke Spitzen und Ränder seyenden Drathe, der an seidenen Schnüren aufgehängt ist, oder auf gläsernen Füßen ruhet, nähert, so bricht auch ein Funke hervor, wenn beyde nahe genug kommen, und der Metalldrath zeigt nun elektrische Erscheinungen, oder ist elektrisirt. Eben so wird auch der Metalldrath elektrisirt, wenn er sonst in unmittelbarer Berührung mit der geriebenen Glasröhre, und den geriebenen Stellen nahe genug ist.

§. 1103. Nimmt man statt des Metalldrathes dazu eine andere Glasröhre, eine Siegellackstange, oder ein seidenes Band, so erfolgt kein Funke bey der Annäherung, und diese werden nicht elektrisirt; so wird aber auch der Metalldrath nicht zur Elektricität gebracht, wenn er mit den geriebenen Stellen der Glasröhre durch eine hinreichend lange seidene Schnur verbunden ist.

§. 1104. Ferner zeigt auch der Metalldrath nach dem Ausbruche des Funken von der geriebenen elektrisirten Glasröhre keine Elektricität, wenn denselben eine Person in der Hand hält, die auf der Erde steht, oder wenn er sonst mit der Erde in Berührung ist, oder in einer Mauer steckt.

§. 1105. Wenn eine metallene Röhre auf eine ähnliche Art, wie eine Glasröhre (§. 1100.) gerieben wird,

während daß man sie in der andern Hand hält, so giebt sie keine Spur von den elektrischen Erscheinungen.

§. 1106. Diese Erfahrungen (§. 1102 — 1105.) führen auf die Schlußfolge: daß das Metall, die Erde, der Mensch die elektrische Materie, von welcher die elektrischen Erscheinungen abhängen, leiten, oder sogleich auf ihrer Oberfläche oder durch ihre Substanzen weiter verbreiten; die Seide, das Glas, das Siegellack aber dieselbe nicht leiten, oder nicht fortführen, oder nicht durch sich sogleich durchlassen.

§. 1107. Man hat hiernach alle bekannte Körper in Leiter (Conductores) und Nichtleiter (non conductores) eingetheilt. Und weil die erstern durchs Reiben nach der gewöhnlichen Art nicht elektrisirt werden können, sondern wegen ihrer Leitung die durchs Reiben erregte Elektricität sogleich abführen: so hat man sie auch unelektrische (Corpora anelectrica), die leztern aber, welche durchs Reiben stark und merklich elektrisirt werden, eigentlich elektrische, an sich elektrische Körper (Corpora electrica) genannt.

§. 1108. Allein diese Eintheilung in elektrische und unelektrische Körper ist nicht ganz genau und richtig: denn es können allerdings auch Metalle für sich durch Reiben elektrisirt werden, wenn man nur die Ableitung der erregten Elektricität verhütet. Es laufen auch die Gränzen der sogenannten elektrischen und unelektrischen Körper so in einander, daß wir weder einen vollkommen elektrischen Körper, der die elektrische Materie gar nicht durch seine Substanz verbreitete, noch einen vollkommenen Leiter, in welchem die Elektricität auf keine Art erregt werden könnte, kennen. Jeder elektrische Körper ist vielmehr ein mehr oder weniger unvollständiger Leiter, und jeder Leiter ein mehr oder weniger unvollständiger elektrischer Körper. Viele elektrische Körper werden unter gewissen, oft zufälligen Umständen zu Leitern; und manche Körper sind eben so

unvollständige Leiter als Nichtleiter. Man nennt diese Halbleiter, z. B. trockene Marmorplatten, trockenes, nicht gewärmtes Holz.

§. 1109. Um indessen doch diejenigen Körper, in welchen, wie z. B. in dem Glase, die Elektricität leicht und merklich durch Reiben an andern schicklichen Körpern erregt werden kann, und welche die erregte Elektricität nicht sogleich fortführen, und, es sey durch ihre Substanz oder auf ihrer Oberfläche, nur mit Schwierigkeit verbreiten, von den andern zu unterscheiden, in denen das Gegentheil geschieht: so mögen die Benennungen der Nichtleiter für die erstern, und der Leiter für die letztern dienen, und wir werden dieselben auch in diesem Sinne brauchen.

§. 1110. Zu diesen Nichtleitern oder elektrischen Körpern gehören besonders: das Glas und die meisten Verglasungen, Bergkrystall, alle Edelsteine, der Turmalin, russisches Glas; alle Harze, besonders Copal, Colophonium, Pech, Gummilack, Federharz; die Erdharze: Bernstein, Asphalt, Steinkohlen, Schwefel, Wachs, Seide, trockene Baumwolle, Federn, Wolle, Haare, trockenes Elfenbein; die fetten und ätherischen Oele: Alcohol, gedörrtes und sehr trockenes Holz, die vollkommenen Metalloxyde, und endlich die Luft, wenn sie nicht feucht ist.

§. 1111. Zu den Leitern müssen besonders gerechnet werden; alle regulinischen Metalle, das Wasser, der Nebel, der Rauch, alle wässerigen Säfte der Pflanzen und Thiere und ihre weichen Theile; thierische und vegetabilische Kohlen; alle Salzauflösungen; wässeriger Weingeist; Naptha; feuchtes Holz; feuchte Luft; und vorzüglich unsere Erde. Glühendes Glas ist ebenfalls ein Leiter, so wie auch geschmolzenes Harz, heiße Luft, sehr erhitztes gedörrtes Holz, da diese Körper sonst unter andern Umständen Nichtleiter sind. Auch die Feuerflamme ist ein Leiter.

„Ueber Erman's fünffache Verschiedenheit der Leiter; Gilbert's Ann. B. XII. 1. S. 14. Kr."

§. 1112. Um die Nichtleiter zu elektrisiren, d. h. sie in den Zustand zu versetzen, daß sie die elektrischen Erscheinungen zeigen, dient vorzüglich das Reiben mit verschiedenen Materien, von denen wir gleich reden werden: und da sich die elektrische Materie auf diesen Nichtleitern nicht sogleich vertheilt, wie auf den Leitern, so zeigen sie jetzt Elektricität. Sie heißen daher ursprünglich elektrische Körper (Corpora idioelectrica).

§. 1113. Wenn man aber einen Leiter durch andere Nichtleiter von andern leitenden Materien absondert, oder, wie man sagt, isolirt, z. B. dadurch, daß man ihn an seidenen Schnüren aufhängt, oder auf Glas oder Harz und dergl. stützt (wie in dem Versuche §. 1102.), und dann so dem hinlänglich elektrisirten Nichtleiter nähert oder damit in Berührung bringt, so wird er dadurch ebenfalls elektrisirt. Man sagt in diesem Falle, die Elektricität des Nichtleiters gehe an den Leiter über, oder theile sich ihm mit. Man nennt diese Elektricität des Leiters eine mitgetheilte (Electricitas communicata, derivativa), und unterscheidet sie von jener ursprünglichen der Nichtleiter (El. originaria). Die Leiter selbst heißen deswegen auch symperielektrische Körper.

§. 1114. Da die Nichtleiter die mitgetheilte Elektricität des mit ihnen verbundenen, oder durch sie isolirten Leiters nicht sogleich abführen, so zeigt er die elektrischen Erscheinungen. Da die trockene Luft ein Nichtleiter ist, so kann der zu elektrisirende Leiter darin isolirt werden; und wir würden, wenn sie es nicht wäre, gar keine mitgetheilte Elektricität darin hervorbringen, überhaupt nichts von Elektricität wissen. Feuchte und erwärmte Luft aber leitet: und daher gehen bey feuchtem Wetter die elektrischen Versuche nicht so gut von Statten, als bey trockenem; und in Zimmern, worin viele Personen sind, schlecht oder gar nicht. Ueberhaupt ist die atmosphärische Luft, weil sie nie von leitenden Stoffen frey ist, ein ziemlich unvollkommener Nichtleiter.

§. 1115. Wenn man einen isolirten elektrisirten Leiter mit einem andern, nicht-isolirten Leiter berührt, so verliert jener seine Elektricität ganz und auf einmal; ein ursprünglich-elektrisirter Nichtleiter verliert seine Elektricität nur durch wiederholtes Berühren, und der allmälige Verlust seiner Elektricität trifft jedesmal nur die berührte Stelle.

§. 1116. Ein Nichtleiter entzieht dem isolirten elektrisirten Leiter wenig oder nichts; und um ihn durch Mittheilung zu elektrisiren, muß man ihn an mehrern Stellen berühren, und doch nimmt er die Elektricität nur mit Schwierigkeit an.

§. 1117. Die Quantität der mitgetheilten Elektricität unter isolirte Leiter von einerley Materie richtet sich der Erfahrung zu Folge nicht nach ihren Massen, sondern nach ihren Oberflächen und der Ausdehnung in die Länge.

G. C. Bohnenbergers Beyträge zur theoretischen und practischen Eletricitätslehre. St. II Stuttg. 1795. 8. S. 46 ff.

„Sehr dünne Dräthe leiten auch bey großer Länge unvollkommen. Es scheint eine gewisse Menge von Materie erforderlich zu seyn, um ein zur Ansammlung der Elektricität hinreichendes Anziehungsvermögen entwickeln zu können. Jedoch leiten auch sehr dünne Nerven lebender Menschen und Thiere sehr gut — Ueber Leitung und Elektricitäts-Erregung und Mittheilung vergl. auch m. Einleit. in die neuere Chemie S. 294 — 309. Kr.“

§. 1118. Das elektrische Fluidum, das einem leitenden Körper mitgetheilt wird, wird lediglich nur auf der Oberfläche desselben verbreitet, ohne in sein Inneres einzudringen.

Coulomb's Abhandl. über die Elektricität; im neuen Journal der Physik. B. III. S. 58.

„Aber auch die Oberfläche der inneren Krystallblättchen und Luftporen fester Körper leitet; daher leiten die krystallinischen Körper auch mehr oder weniger nach den Durchgängen ihrer Blätter, nach den Richtungen zufälliger Sprünge und Risse ꝛc. — Wo das elektrische Fluidum innerhalb eines Leitenden, z. B. des Wassers (von dem es auf ähnliche Weise wie die Luft absorbirt wird) aus Mangel an hinreichender Leitung sich sammelt, wirkt es als chemisches Agens. Kr.“

§. 1119. In Ansehung der Quantität des elektrischen Fluidums, welche Leiter von verschiedener Art aufzunehmen fähig sind, hat Coulomb das merkwürdige Gesetz entdeckt: daß die Vertheilung des elektrischen Fluidums unter Leiter von verschiedener Art, und übrigens gleicher und ähnlicher Gestalt, ganz einerley ist, die Natur dieser Körper mag seyn, wie sie will. So z. B. tritt eine isolirte kupferne Kugel genau die Hälfte ihrer Elektricität an eine isolirte Kugel von Hollundermark ab, wenn diese von gleichem Durchmesser ist.

Coulomb a. O. S. 57 ff.

„Bey der so verschiedenen Leitungsfähigkeit der Körper wird es mir schwer, dieses Gesetz als allgemein richtig anzuerkennen. F."

„Vergl. die Anm. zu §. 1118. Kr."

§. 1120. Durch die Mittheilung werden die isolirten Leiter elektrisirt, nicht nur, wenn sie mit elektrisirten Körpern in unmittelbarer Berührung sind, sondern auch dann, wenn sie ihnen auf eine gewisse Weite genähert werden. Ist das genäherte Ende des Leiters stumpf, oder abgerundet, so entsteht, wenn er dem elektrisirten Körper nahe genug kommt, ein Funke, der nach der verschiedenen Stärke der Elektricität mit einem größern oder geringern Geräusche oder Knalle sichtbar hervorbricht. Die Weite, in welcher dieß geschieht, heißt die Schlagweite, und sie ist, alles Uebrige gleichgesetzt, desto größer, je stärker die Elektricität des elektrisirten Körpers ist. Wenn der elektrisirte Körper ein Nichtleiter ist, so ist der Funke nur schwach, und die Schlagweite nicht so groß, als bey einem elektrisirten isolirten Leiter. Ist in diesem Falle der Leiter, mit welchem man den Funken herauslockt, isolirt, so vertheilt sich die Elektricität nach Maaßgabe der Oberfläche der Leiter; ist er aber nicht isolirt, so zeigen beyde nach dem Ausbruche des Funkens keine Elektricität weiter.

§. 1121. Wenn das genäherte Ende des Leiters zugespitzt ist, so geschieht der Uebergang der Elektricität durch

ein Ueberströmen, das bey schwächen Elektricitäten wenigstens im Dunkeln entweder in Gestalt eines Lichtpunktes oder eines Feuerbüschels erscheint. Die Weite, in welcher hier der Uebergang der Elektricität geschieht, ist weit beträchtlicher, als bey Mittheilung durch Funken, und kann sich bey starken Elektricitäten auf eine sehr beträchtliche Weite erstrecken. Bey nicht schwachen Elektricitäten ist dieses Ueberströmen durch Spitzen mit einem merklichen Geräusche begleitet.

§. 1122. Eben so leicht, als die elektrische Materie in Leiter durch Spitzen derselben überströmt, so leicht strömt sie durch dieselben auch wieder aus den isolirten Leitern aus; und ein elektrisirter isolirter Leiter, der mit Spitzen versehen ist, verliert seine Elektricität sehr bald, und viel früher als ein abgerundeter.

§. 1123. Bey dem Ausströmen der Elektricität aus den Spitzen eines isolirten Leiters nimmt man auch zugleich durchs Gefühl eine Bewegung wahr, wie ein Blasen, das aber aber allezeit von der Spitze ausgeht.

§. 1124. So verhindert auch eine leitende unisolirte Spitze, die man in der Nähe eines isolirten Leiters hält, die Anhäufung der dem leztern zugeführten Elektricität, und führt diese schnell und stark ab.

§. 1125. Wenn man einen isolirten Leiter elektrisirt, so wird die Elektricität sich darauf verbreiten, bis sie das Maximum ihrer Anhäufung oder Dichtigkeit, oder Intensität, erhalten hat, das der Leiter vermöge seiner Capacität erhalten kann. Was nun dem Leiter noch weiter von elektrischer Materie zugeführt wird, theilt sich nach und nach der ihn umgebenden Luft mit. Die Luft ist zwar ein Nichtleiter (§. 1110.), aber ein ziemlich unvollkommener. Die umgebende Luft wird also auch nach und nach elektrisirt, obgleich um desto langsamer, je trockener sie ist, oder je weniger sie leitet. Dieß ist es aber nicht, was man mit Frank-

lin die elektrische Atmosphäre nennt, und was Aepinus und Wilke mit dem Namen der elektrischen Wirkungskreise bezeichnen. Diese sind der Raum um den elektrisirten Körper herum, in welchem sich das elektrische Anziehen und Abstoßen äußert.

Bohnenbergers Beyträge zur theoret. u. pract. Electricität. St. I. Stuttg. 1795. S. 82 ff. St. II. S. 135 ff.

Die elektrischen Atmosphären entstehen auf andere Art, als durch Mittheilung, nehmlich durch Vertheilung der natürlichen elektrischen Materie der Luft, wovon erst in der Folge das Weitere vorkommen wird.

§. 1126. Wäre die Luft ein vollkommener Nichtleiter, und wären es auch die andern Substanzen, die man zum Isoliren braucht, so würde ein elektrisch isolirter Leiter sein Maximum der Elektricität ungeschwächt erhalten. Da jenes aber nicht ist, so verliert er seine Elektricität allmälig. Coulomb hat durch seine Versuche gefunden, daß, wenn der Zustand der Luft derselbe bleibt, das Verhältniß der durch sie verlorengehenden Elektricität eines Leiters zur mittlern Intensität eine beständige Größe bleibt. Er hat ferner in Beziehung auf die Verbreitung der Elektricität über die isolirenden Substanzen entdeckt, daß zur vollkommenern Isolirung des Leiters die Längen der isolirten Träger sich wie die Quadrate der Intensität der Elektricität des Leiters verhalten müssen.

Coulomb a. a. O. S. 55 ff. S. 57.

„Vergl. Laplace und Poisson in den Mém. de l'Instit. u. 1812 und Biot a. a. O. B. II. S. 241. Kr."

Die Elektrisirmaschine.

§. 1127. Jetzt können wir nun von den bisher angeführten Thatsachen Gebrauch machen, um daraus die Erfordernisse und Einrichtung der Elektrisirmaschinen zu beurtheilen. Die wesentlichen Theile derselben sind: 1) der elektrische Körper, der Reiber, aus einer nicht-leiten-

den Materie, der durch eine bequeme Vorrichtung zu einer mäßig schnellen Bewegung gebracht, und vermittelst dessen durchs Reiben die Elektricität leicht erregt wird; 2) das Reibzeug selbst; und 3) der isolirte Leiter, den man auch wohl den Hauptleiter, den ersten Leiter, oder schlechtweg den Conductor nennt, und dem die durchs Reiben entwickelte Elektricität zugeführt wird. Er ist deßwegen nöthig, daß man aus ihm starke Funken oder starke Uebergänge der Elektricität erhalte, weil diese aus dem geriebenen Nichtleiter nur allemal schwach sind (§. 1120.)

§. 1128. Da es mancherley Nichtleiter giebt, die zur Erregung der Elektricität geschickt sind (§. 1110.), so hat man auch mehrere davon zu dem Reiben der Elektrisirmaschinen vorgeschlagen und angewendet. Nach der Verschiedenheit dieser elektrischen Körper hat man daher Glasmaschinen, Zeugmaschinen, von wollenem Zeuge, gefirnißtem Taffent, Harzmaschinen, u. a. Das ist aber wohl ausgemacht, daß die Glasmaschinen in Ansehung der Bequemlichkeit und Wirksamkeit vor allen andern den Vorzug verdienen. Grünes und hartes Glas hat Vorzüge vor weißem und weichem Glase (weil es einer größeren Politur fähig ist; denn mattgeschliffenes Glas verhält sich zu glattgeschliffenem ähnlich dem Reibzeuge, s. weiter unten. Kr.") In Ansehung der Form, in welcher man das Glas als Reiber anwendet, hat man Kugelmaschinen, Sphäroidmaschinen, Cylindermaschinen und Scheibenmaschinen. Die beyden erstern Arten sind jetzt mit Recht obsolet geworden, da man dem Reibzeug die dazu nöthige Krümmung nicht gehörig geben kann; und man ist bey den beyden letztern Arten, als den vortheilhaftesten und bequemsten, stehen geblieben. Wenn man die Zerbrechlichkeit der Glasscheiben, die Unbequemlichkeit bey der Behandlung ihrer Reibzeuge, die Unvollkommenheit der Isolirung der Reibzeuge dabey, und ihren höhern Preis bedenkt: so kann man wohl nicht anstehen den Glascylindern den Vor-

zug vor den Scheiben einzuräumen. (Eine Cylindermaschine von 14 Zoll leistet fast so viel als eine Scheibe von 24 Z., indessen sind zu sehr ins Große gehenden Versuchen füglich nur überall gleich dicke und vollkommen glatte und blasenfreye Scheiben brauchbar, deren Zerspringen verhütet wird, wenn man zwischen Metallfassung und Glas gleich dickes feines Leder anbringt, und die Scheiben vor dem Versuche nicht zu stark und am besten durch das Sonnenlicht erwärmt. Kr.)

Ich kann mich hier nicht in eine detaillirte Beschreibung der Einrichtung der verschiedenen Elektrisirmaschinen und des dazu gehörigen Apparates einlassen; sondern ich verweise in dieser Hinsicht auf folgende Schriften:

Vollständige Abhandlung der theoretischen und praktischen Lehre von der Elektricität, nebst eigenen Versuchen, von Tiberius Cavallo; aus dem Engl. 3. Auflage. Leipzig. 1785 8.

John Cuthbersons Abhandlung von der Elektricität, nebst einer genauen Beschreibung der dahin gehörigen Werkzeuge und Versuche; aus dem Holländischen. Leipzig 1786. 8. Dritte Fortsetzung, ebendas. 1796. 8.

Versuch über die Elektricität, worin Theorie und Ausübung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert wird, von Georg Adams; aus dem Engl. Leipzig. 1785. 8.

G C Bohnenbergers Beschreibung einiger Elektrisirmaschinen und elektrischen Versuche, Stuttg. 1785. 8. I.—IV. Fortsetzung, ebendas. 1791. 8.

Beschreibung einer ungemein großen Elektrisirmaschine, und der damit im Teylerschen Museum zu Harlem angestellten Versuche, durch Martinus van Marum; aus dem Holländ. Leipzig 1786. 4. Erste Fortsetzung, aus dem Holl Leipzig 1788. 4. Die zweyte erschienene holländische und französische Fortsetzung: Seconde Continuation des Expériences faites par le moyen de la Machine électrique Teylerienne, par *Mart. van Marum*, à Harlem 1795. 4., ist noch nicht ins Deutsche übersetzt.

Beschreibung einer neuen einfachen und vortheilhaften Elektrisirmaschine, von van Marum; in Gren's Journ. der Physik, B. IV. S. 3 ff. Gilbert's Ann. B. XXIII. S. 302

Beschreibung einer sehr vortheilhaft eingerichteten Elektrisirmaschine, von Reiser; in Voigts Magazin für das Neueste aus der Physik, B. VII. St. 3 S. 73 ff. Weitere Beschreibung derselben von M. F. Wild; ebendas. St. 4. S. 77 ff.

Versuche und Beobachtungen über die Elektricität, von Will. Nicholson; in Gren's Journal der Physik, B. III. S. 49 ff.

Beschreibung einer neuen sehr wirksamen Elektrisirmaschine, von L. C. Lichtenberg; im Magaz. für das Neueste aus der Physik, B. I. St. 1. S. 83 ff.

Beschreibung einer neuen Elektrisirmaschine, von G. W. Muncke; im Jornal der Physik, B. VII, S. 319 ff.

Beschreibung einer sehr wirksamen Elektrisirmaschine, von Georg Heinr. Seiferheld, Nürnberger 1787. 8.

„Grimm Ueber die Elektrisirmaschine d. Herz. Heinr. von Würtemberg; Gilbert's Ann. B. IV. S. 559. Kr."

„Wenn von Maschinen mittlerer Größe die Rede ist, so halte ich es für mißlich, ein bestimmtes Urtheil über den Vorzug dieser oder jener Einrichtung zu fällen. Dem einen Mechanicus gelingen die Scheibenmaschinen besser, einem andern die Cylinder- oder Kugelmaschinen. Hat man nicht besondere Zwecke, so thut man, meines Erachtens, am besten, dem Rathe desjenigen Künstlers zu folgen, bey dem man arbeiten läßt. F."

§. 1129. Damit die in dem Glascylinder der Elektrisirmaschine eingeschlossene Luft durch ihre Ausdehnung beym Warmwerden des Cylinders nicht zum Zerspringen desselben Gelegenheit gebe, ist es nöthig, durch ein Loch in einer der Hauben seiner Hälse den freyen Aus- und Eintritt der Luft zu verstatten. Die innere Seite der Cylinder überzieht man auch vortheilhaft, zur Verhütung des Anhängens der Feuchtigkeit an die innere Glasfläche, mit einem harzigen Ueberzuge. Die eiserne Achse muß nicht durch den Cylinder gehen, um dadurch nicht Elektricität zu binden; und aus eben dem Grunde finde ich es daher auch nicht tauglich, Cylinder mit eingeschlossener verdünnter Luft anzuwenden.

Man behauptet zwar jetzt, daß es besser sey, auf der innern Fläche des Cylinders eine leitende Substanz anzubringen, weil dann desto mehr Elektricität auf der äußern Fläche angehäuft werden könne, wovon die Gründe sich erst aus dem weiter unten Folgenden ergeben werden. Allein, wenn dadurch gleich die Capacität der äußern Fläche für Elektricität wächst, so nimmt dadurch doch auch die Intensität der Elektricität ab. Allerdings aber würde es vortheilhaft seyn, der Fläche des Reibzeuges gerade gegenüber, und nirgends anders, auf der innern Fläche eine leitende Substanz anzubringen.

„Ein Ueberzug der innern Fläche mit Siegellack oder Firniß thut gute Dienste, so lange er neu ist, und überall festsitzt, wird aber sehr nachtheilig, sobald er sich ablöset. F."

§. 1130. Zum Reibzeuge bey den Glasmaschinen nahm man sonst lederne Kissen, die man mit Haaren stopfte. D. Nooth hat bey den gläsernen Cylindermaschinen mit mehrerm Vortheile ein dünnes, mit Pferdehaaren ausgestopftes seidenes Kissen vorgeschlagen, das mit der einen Seite an ein nach der Krümmung des Cylinders eingerichte-

nes hölzernes Gestell befestigt, und mit einem hieran befestigten und mit einem Zinkamalgama und etwas Fett bestrichenen Leder nur bedeckt ist, an dessen anderm Ende sich ein Stück Wachstaffent befindet, der einen Theil des Cylinders umgiebt. Um das Kissen bequem an den Cylinder zu drücken, dienen Stahlfedern, oder noch besser seidene Schnüre die an dem andern, freyen Ende des Kissens befestigt, über den Cylinder gezogen, und an einem bequemen Orte des Tisches, worauf die Maschine steht, hinlänglich angespannt werden. Bequem ist es, wenn man das Reibzeug auch isoliren kann; und dieß geschieht am besten dadurch, daß man das Bret, worauf das Kissen ruhet, auf eine hinlänglich starke gläserne Säule setzt, die man auch wohl noch mit Pech oder Siegellack ausgießt und überzieht. Um diese Isolirung aufzuheben, hängt man an das Gestell des Kissens einen Metalldrath, der bis auf die Erde reicht.

Cavallo a. a. O. S. 106.

Das Zinkamalgama besteht aus 5 Theilen Zink, und 1 Theil Quecksilber. Man schmelzt das erstere, und gießt dann das Quecksilber dazu, entfernt das Gefäß vom Feuer, und rührt alles wohl um. Von diesem Amalgama reibt man etwas in einem steinernen Mörser recht fein, und mit etwas Unschlitt zusammen, und streicht es auf das Leder auf. So oft das Amalgama auf dem Leder fest und trocken wird, muß man es entweder abkratzen, oder neues auftragen.

„Das vorzüglichste Amalgama ist das Kienmayersche, aus 2 Theilen Quecksilber, 1 Theil Zink und 1 Theil Zinn. Man sehe Gehlers phys. Wörterb. Th. V. S. 19. F."

Eine vortheilhaftere Einrichtung der Reibzeuge für Scheibenmaschinen beschreibt van Marum: in Gren's Journal der Physik, B. II. S. 167 ff. B. VI. S. 70 ff.

§. 1131. „Bey Scheibenmaschinen bestehen die Reibzeuge am besten aus einander gegenüber befestigten, durch die zwischen ihnen bewegliche Scheibe von einander getrennten, hinreichend starken Brettchen, welche zunächst mit feinem wollenen Zeuge (Casimir) und darüber mit dünnem Kalb- oder Rehleder (vollkommen glatt und überall gleich gespannt) überzogen sind. Das Leder wird hierauf mit Zinkamalgam bestrichen, und wenn dieses vollkommen getrocknet, mit einer einzigen dünnen Lage Bernsteinfirniß überzogen; im Uebrigen aber wie beym Reibzeuge der Cy-

lindermaschine verfahren. Vortheilhaft (Behufs der Zusammenhaltung der am Glase durch Reiben erregten Elektricität) ist es, wenn man die vom Reibzeuge nicht umfaßte Glasoberfläche durch Taffent oder Lederflügel umspannen läßt, welche nach der Glasfläche zu mit Wachstaffent bekleidet sind und bis an die sogen. Saugspitzen oder Saugränder des Conductors reichen. Kr."

„Singer (dessen Elemente der Elektricität und Elektrochemie ꝛc. übers. von C. H. Müller. Breslau 1819. 8. S. 33. Anm.) empfiehlt ein Amalgam aus 2 Unzen Zinn, 4 Unzen Zink und 7 Unzen Quecksilber, von denen das letztere erst bis 300° F. erhitzt werden muß, bevor die geschmolzenen Metalle damit vermischt werden. — Wolf legt zwischen Amalgam und Glas ein Stück trocknes feines weißes Papier, was ich bey nicht lange andauernden Versuchen und bey hinreichender Erwärmung ebenfalls vortheilhaft gefunden habe. — Alles Holzwerk der Elektrisirmaschine muß vollkommen trocken, am besten im Backofen ausgetrocknet und dann mit harzhaltigem Oelfirniß getränkt worden seyn, auch müssen an den Conductoren alle Rauhigkeiten, vorspringende Kanten u. dergl. gänzlich vermieden werden. Kr."

„Außer der Reibung, erzeugt auch der Druck, z. B. dünner über einander geschichteter Kalkspath-, Glimmer-, Glas- ꝛc. Blättchen beträchtliche Mengen von Elektricität. Wie durch Temperaturwechsel, Beleuchtung, Berührung ungleichartiger Leiter, organische Leiter, organische und chemische Kräfte, mechan. Umschwung ꝛc. „Elektricität" erzeugt werde, s. weiter unten, Singer a. a. O. und meine Einleitung in d. Chem. a. a. O., so wie auch daselbst S. 105 u. f. Kr."

§. 1132. Der erste Leiter oder Conductor der Maschine (§. 1127.) ist ein blecherner Cylinder, der an dem einen, dem elektrischen Reiber zugekehrten Ende mit mehrern Spitzen, dem Zuleiter, versehen, sonst aber, um das Ausströmen der Elektricität aus ihm zu verhüten, allenthalben aufs genaueste abgerundet, und ohne scharfe Ecken und Kanten seyn muß. Man befestigt an dem hintern und äußersten Ende desselben auch wohl noch eine messingene Kugel, und überzieht das Uebrige, den Zuleiter ausgenommen, um das Oxydiren der Oberfläche zu hindern, sehr dünn mit Firniß. Dieser erste Leiter muß nothwendig isolirt seyn, wenn er elektrisirt werden soll; und man stellt ihn deßwegen mit den unten an ihm befestigten metallenen Hauben, die wohl abgerundet seyn müssen, auf hinlänglich lan-

ge und starke Glasfüße, die man auch wohl mit einem Fir-
niß überzieht und mit Pech ausgießt. Nicht so sicher und
fest hängen ihn Manche an seidenen Schnüren auf. Große
Leiter macht man auch wohl von Holz oder Pappe, die man
mit Zinnfolie überzieht.

§. 1133. Außer diesem ersten Conductor ist es gut, wenn man noch mit einem zweyten versehen ist, den man von der Decke des Zimmers herab an seidenen Schnüren aufhängt, und den man durch eine Kette mit dem leitenden Gestelle des isolirten Reibzeuges in Verbindung setzen kann.

§. 1134. Damit die Versuche mit der Elektrisirmaschine gut von Statten gehen, müssen alle Theile derselben von Staub und Feuchtigkeit befreyet seyn; sie selbst muß nicht in zu großer Nähe von ableitenden Gegenständen, und die Luft muß nicht zu feucht seyn. („Zweckmäßig ist es, alle Theile der Conductoren mit feinem Copalfirniß sehr dünn zu überziehen; sie leiten dann nicht schlechter als ungefirnißte und bleiben reiner. Kr.")

§. 1135. Wegen der Mittheilung der Elektricität an die umgebende Luft (§. 1110.), zumal wenn diese feucht ist, wird bey einer schwachen Wirksamkeit der Maschine die Anhäufung auf dem Leiter weit geringer seyn müssen, als es bey einer wirksamen Maschine auf einem gleich großen Leiter bey übrigens gleichen Umständen der Luft und Isolirung der Fall seyn wird. Bey einer schnellen und starken Wirksamkeit der Maschine kann die in Ueberfluß dem Leiter zugeführte elektrische Materie entweder nach dem Reibzeuge zurückgehen, oder nach andern leitenden Theilen der Maschine sichtbar abströmen. Uebrigens erhellet aus den vorher angeführten Thatsachen, daß es für die Wirksamkeit jeder Maschine ein gewisses Maaß der Größe des Leiters geben müsse, welches das vortheilhafteste ist.

Elektrische Erscheinungen mit der Elektrisirmaschine ohne Verstärkungsflasche.

1136. Man hebe die Isolirung des Reibzeuges auf; man nehme den Conductor von der Maschine ab, und bringe den Cylinder in Umlauf. Man wird jetzt schon in beträchtlicher Entfernung vom letztern die Empfindung erhalten, als wenn einem Spinnweben übers Gesicht gezogen würden; und der besondere Geruch wird sich weit stärker verbreiten, als wenn der Conductor der Maschine daran applicirt ist. Hält man die Knöchel des Fingers in die Nähe des umlaufenden Cylinders, so brechen ohne Unterlaß knisternde Funken aus ihm hervor, die aber nur kurz und klein sind.

§. 1137. Man setze den Conductor auf seine Träger und elektrisire, wie vorher. Nähert man jetzt dem elektrisirten Conductor den Knöchel des Fingers, oder einen andern gehörig abgerundeten Leiter, so bricht ein weit stärkerer Funke mit einem stärkern Schalle und lebhaftern Lichte hervor. Die Geschwindigkeit des Ueberganges des Funkens ist so groß, daß man nicht unterscheiden kann, ob er aus dem Conductor, oder dem ihm genäherten Leiter, oder aus beyden zugleich komme. Der Funke ist gerade, wenn er nur kurz ist; bey einer größern Länge hingegen geschlängelt.

„Bey der großen Geschwindigkeit des Funkens ist ohne Zweifel seine gerade oder geschlängelte Gestalt nur die Gestalt seines Weges; er selbst ist vermuthlich kugelrund, oder länglich-ellipsoidisch. F."

§. 1138. Die Länge und Stärke der gezogenen Funken hängt allerdings von der Wirksamkeit der Maschine ab; indessen hat doch die elektrische Atmosphäre und die Gestalt des genäherten Leiters darauf Einfluß. („Am längsten ist der von einem positiven zu einem negativen Conductor überströmendr Funken. Kr.")

Durch Hülfe einer Nadelspitze, die man zwischen dem Daumen und dem Zeigefinger faßt, recht lange Funken aus dem Conductor zu ziehen, lehrt Bohnenberger: Beyträge zur theoret. und prakt. Elektricitätsl. St. IV. Stuttg. 1795. S. 92 ff. „Biot a. a. O. B. II. S. 554 Kr."

§. 1139. Man hänge einen zweyten Conductor an seidenen Schnüren auf, und nähere ihn isolirt dem ersten elektrisirten Conductor: so bricht auch zwischen beyden ein Funke hervor, und der zweyte Conductor ist nun elektrisirt.

§. 1140. Eben so wird der zweyte isolirte Conductor auch elektrisirt, wenn er mit dem ersten elektrisirten Conductor durch eine metallene Kette in leitender Verbindung ist.

§. 1141. Er wird hingegen nicht elektrisirt, wenn er durch ein hinreichend langes seidenes Band damit in Verbindung ist.

§. 1142. Es trete eine Person auf einen trockenen Harzkuchen, und fasse eine Kette in die Hand, die mit dem Conductor der Maschine connectirt. Wird nun elektrisirt, so zeigt die Person die Erscheinungen eines elektrischen Conductors.

§. 1143. Man lasse in der Nachbarschaft des Conductors ein Korkkügelchen an einem feuchten Zwirnsfaden herabhängen, und elektrisire dann. Das Korkkügelchen mit dem Faden wird sogleich aus der verticalen Lage gebracht und gegen den Conductor hingezogen, auch schon in beträchtlichen Entfernungen.

§. 1144. Man befestige den feuchten Faden, woran das Korkkügelchen hängt, unmittelbar an den Condutor, und elektrisire. Jetzt wird das Korkkügelchen sich gegen jeden ihm genäherten Leiter zubewegen, oder von ihm schon in beträchtlicher Entfernung angezogen werden.

§. 1145. Man hänge zwey Korkkügelchen an einem feuchten Zwirnsfaden unmittelbar an den Conductor, so daß sie parallel herabhängen, so werden sie beym Elektrisiren divergirend aus einander gehen. Eben so sträuben sich auch die Haare eines Haarbusches, feine haarförmige Glasfäden, die an dem Conductor der Maschine hängen, divergiren aus einander.

§. 1146. Ein Korkkügelchen, das an einem seidenen Faden hängt, also isolirt ist, dem elektrisirten Conductor genähert, wird davon erst bis zur Berührung angezogen, dann aber sogleich abgestoßen, und bleibt abgestoßen.

§. 1147. Man lege ganz kleine Papierschnitzelchen oder Sägespäne in eine metallene Schale, die auf dem Conductor steht, und elektrisire, so werden jene ganz weggestreuet.

§. 1148. Ein Korkkügelchen, das, an einem seidenen Faden hängend, von dem elektrischen Conductor der Maschine stetig abgestoßen bleibt (§. 1146.), wird von einem ihm genäherten nicht-isolirten Leiter angezogen, und nach der Berührung damit wieder vom Conductor, und so wechselseitig fort; oder es spielt zwischen beyden bis zur Berührung beständig hin und her.

Hierher gehört:
Die elektrische Spinne,
Der Tanz der papiernen Puppen,
Das elektrische Glockenspiel.

§. 1149. Wenn man eine oder mehrere leitende Spitzen auf dem Conductor befestigt, so wird die Intensität der ihm mitzutheilenden Elektricität dadurch geschwächt. Man fühlt eine Art von Wind aus den Spitzen, und man sieht im Dunkeln, bey nicht zu schwacher Wirksamkeit der Maschine, an der Spitze einen leuchtenden Feuerbüschel, dessen Strahlen von der Spitze ausgehen (§. 1121.).

„Der Feuerbüschel ist bey einer etwas stumpfen Spitze viel sichtbarer, als bey einer scharfzulaufenden. F."

§. 1150. Wenn man eine leitende Spitze in die Nachbarschaft des Conductors hält, so wird die Intensität seiner Elektricität dadurch ebenfalls sehr geschwächt, und man sieht im Dunkeln an dieser Spitze einen leuchtenden Punkt (§. 1121.)

§. 1151. Wenn man ein dünnes metallenes Kreuz, dessen Arme zugespitzt und mit ihren Enden nach einer Rich-

tung umgebogen sind, mit seinem ausgehöhlten Mittelpunkte auf eine metallene Spitze legt, die auf dem Conductor steht, so kommt es bey dem Elektrisiren des Conductors in Umlauf und zwar nach der entgegengesetzten Richtung seiner gebogenen Enden.

§. 1152. Man bringe einen isolirten zweyten Leiter an den elektrisirten Conductor der Maschine, ertheile ihm Elektricität, entferne ihn dann wieder isolirt davon, und berühre ihn mit einem nicht-isolirten Leiter, so verliert er seine Elektricität ganz und auf einmal. Er verliert sie hingegen nicht bey Berührung mit einer Siegellackstange oder einem Nichtleiter.

§. 1153. Der durch einen nicht-isolirten Leiter berührte geriebene Glascylinder der Maschine verliert dadurch seine Elektricität nicht auf einmal, sondern zeigt auch nach vielfältigem Berühren noch das Anziehen des Korkkügelchens an einem Zwirnsfaden.

§. 1154. Man stelle eine kleine metallene Schale, mit gehörig abgerundeten Rändern, worein man etwas Vitriolnaphtha gegossen hat, auf den Conductor, und elektrisire. So wie man nun aus der Naphtha durch den Finger einen Funken zieht, entzündet sich dieselbe. Der Versuch läßt sich auch mit erwärmtem Alcohol anstellen.

§. 1155. Auch das Hydrogengas läßt sich durch den elektrischen Funken leicht anzünden, wenn es mit Oxygengas oder atmosphärischer Luft vermischt ist. Hierher gehört das elektrische Pistol, „das von Fürstenberger erfundene elektrische Feuerzeug oder die sog. Zündlampe und Volta's Eudiometer. Kr."

§. 1156. „Denen von Coulomb mit der Drehwage angestellten Versuchen zu Folge, soll die abstoßende Kraft der Elektricitäten (z. B. jene in den Versuchen §. 1145. bis 1147.) im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen stehen (Biot a. a. O. II. S. 229.),

Simon's und Parrot's neuere Versuche machen es hingegen höchst wahrscheinlich, daß die elektrische Abstoßung (und mithin auch die elektrische Anziehung z. B. in den Versuchen §. 1144. und 1148.) den Entfernungen selbst verkehrt proportional sey: s. Gilbert's Annal. B. XXVIII. S. 277 und B. LXI. S. 270 u. f. Kr."

„Ueber Verfertigung, Gebrauch und Wirkung der zu seinen — die Nachweisung und Messung der Elektricität bezweckenden Versuchen sehr empfehlbaren Drehwage, vergl. Biot a. a. O. B. II. S. 349. Kr."

Entgegengesetzte Elektricitäten.

§. 1157. Man hänge einen Leiter an seidenen Schnüren auf, isolire das Reibzeug der Elektrisirmaschine, verbinde es durch eine Kette mit dem isolirten Leiter, hebe die Isolirung des ersten Conductors der Maschine auf, oder lasse von ihm einen Metalldrath zur Erde gehen, und elektrisire. Jetzt zeigt das Reibzeug und der damit verbundene isolirte Leiter Elektricität; der erste Conductor der Maschine kann aber keine zeigen, da er nicht mehr isolirt ist.

§. 1158. Alle vorhin (§§. 1136 — 1155.) beschriebenen elektrischen Versuche kann man nun an dem Leiter anstellen, der mit dem isolirten Reibzeuge in leitender Verbindung ist.

§. 1159. Wenn man hierbey den ersten Conductor der Maschine auch isolirt, so ist die Elektricität des Reibzeuges sowohl, als die des ersten Conductors, nur schwach.

§. 1160. An sich betrachtet, zeigt sich die Elektricität des Reibzeuges oder des damit verbundenen isolirten Leiters von der bisher betrachteten des ersten Conductors der Maschine nicht verschieden, allein beym Gegeneinanderhalten beyder Elektricitäten offenbaren sich wesentliche und bemerkenswerthe Unterschiede, die wir jetzt näher betrachten wollen.

§. 1161. 1) Man verbinde einen Leiter, an seidenen Schnüren hängend, durch eine Kette mit dem ersten

isolirten Conductor der Maschine, während das Reibzeug nicht isolirt ist, so wird jener Leiter beym Elektrisiren die Elektricität des Conductors der Maschine erhalten, und wenn man beyde einander nähert, werden keine Funken überschlagen. 2) Man verbinde den isolirten Leiter, statt mit dem Conductor der Maschine, mit dem Leiter des isolirten Reibzeuges, hebe die Isolirung des ersten Conductors der Maschine wieder auf, und elektrisire. Jetzt wird der zweyte Leiter die Elektricität des Reibzeuges erhalten, und, dem ersten Leiter des Reibzeuges genähert, daraus keinen Funken ziehen. 3) Man isolire den ersten Conductor der Maschine und auch das Reibzeug; man verbinde mit letzterm durch eine metallene Kette einen an seidenen Schnüren hängenden Leiter, und elektrisire. Nähert man nun den Conductor des Reibzeuges dem ersten Conductor der Maschine, so schlagen zwischen beyden starke Funken.

§. 1162. Zwey isolirte Leiter also, die beyde gleich stark mit der Elektricität des ersten Conductors der Maschine versehen sind, geben sich bey ihrer Annäherung keine Funken. Eben dieß ist der Fall, wenn beyde gleich stark die Elektricität des Reibzeuges besitzen. In beyden Fällen behalten sie auch ihre Elektricitäten. Aber ein durch das isolirte Reibzeug elektrisirter isolirter Leiter und ein durch den Reiber der Maschine elektrisirter isolirter Leiter geben sich starke Funken, und beyder Elektricitäten hören dann verhältnißmäßig auf.

§. 1163. „Da sich aber nur die einander entgegengesetzten Kräfte oder nur die entgegenwirkenden Thätigkeiten aufheben, so schließen wir auch aus den sich einander aufhebenden Gegenwirkungen der Elektricitäten (beyder Conductoren), daß dieselben nicht gleichwerthig, sondern ungleichwerthig oder von einander durch entgegengesetzte Beschaffenheiten, Eigenschaften und Wirksamkeiten verschieden seyen; eine Schlußfolge, welche die nachstehenden Versuche nur zu bestätigen scheinen. Kr."

„Ob diese Ungleichheit des Wirkungswerthes beyder Elektricitäten auf einer nur quantitativen oder auch auf einer zugleich qualitativen Verschiedenheit der elektrischen Flüssigkeiten beruhe, kann erst weiter unten in Erwägung gezogen werden. Kr."

§. 1164. 2) Wenn man auf dem mit der Elektricität des Reibzeuges versehenen Leiter eine leitende Spitze angebracht hat, so sieht man an derselben im Dunkeln keinen divergirenden Feuerbüschel, sondern bloß einen leuchtenden Punkt oder Stern. Wenn man aber diesem so elektrisirten Leiter eine leitende (nicht zu scharfe) Spitze nähert, so zeigt sich an dieser ein leuchtender Feuerbüschel. Also ist das Phänomen umgekehrt als das oben (§. 1149 f.) erwähnte. Man kann sich davon noch mehr überzeugen, wenn man einen an beyden Enden zugespitzten Metalldrath vermittelst eines gläsernen Handgriffes in gehöriger Entfernung zwischen dem elektrisirten Conductor der Maschine und dem elektrisirten Conductor des Reibzeuges hält.

§. 1165. 3) Man verbinde einen Metalldrath, der an dem einen Ende abgerundet und mit einem gläsernen Handgriff in der Mitte versehen ist, mit dem andern Ende durch eine Kette mit dem ersten Conductor der Maschine, führe das abgerundete Ende, während des Elektrisirens, auf einem recht glatten, trockenen Harzkuchen umher, und ertheile so den berührten Stellen desselben die Elektricität des Conductors. Man bestreue dann den Harzkuchen dünn mit Bärlappsamen, so bildet dieser an den elektrisirten Stellen strahlige Figuren. Man ertheile dem nachher wieder (mit einem leinenen Tuche) rein abgewischten Harzkuchen an den berührten Stellen die Elektricität des Reibzeuges („am zweckmäßigsten mittelst eines Metallringes. Kr."), und es zeigen sich nach dem Bestäuben mit Bärlappsaamen runde Flecke ohne Strahlen.

J. C. Lichtenberg de nova methodo, naturam et motum fluidi electrici investigandi, in den *nou. comment. societ. Goetting.* T. VIII. 1777. S. 168.

§. 1166. „Pudert man ein Gemenge von hinreichend fein gepulverten, ungleichfarbigen Körpern, z. B. Zinnober

und Schwefel durch feine Leinwand auf den zuvor elektrisirten Harzkuchen, so trennt dessen Elektricität, die durch das Pudern verschiedentlich elektrisirten Pudertheilchen, und sondert so z. B. die gelben Schwefeltheilchen von den rothen Zinnobertheilchen ab, gemäß dem durch die nachfolgenden Versuche noch mehr zu erläuternden Gesetze, daß sich die entgegengesetzten oder ungleichwerthigen Elektricitäten anziehen, die gleichwerthigen hingegen einander abstoßen. Kr."

§. 1167. 4) Ein isolirter, leicht beweglicher, leitender Körper, z. B. ein Korkkügelchen, das an einem seidenen Faden hängt, wird in der Nachbarschaft des elektrisirten Conductors der Maschine von demselben angezogen, dann aber wieder abgestoßen, und bleibt abgestoßen (§. 1146.). Aber in diesem Zustande des Abstoßens wird es von dem elektrisirten Conductor des Reibzeuges angezogen. Das von diesem angezogene Korkkügelchen wird dann wieder abgestoßen, und bleibt abgestoßen; aber es wird in diesem Zustande des Abstoßens von dem ersten Conductor der Maschine angezogen. Also, was die Elektricität des Conductors und des Reibers der Maschine abstößt, das zieht die Elektricität des Reibzeuges an, und umgekehrt.

§. 1168 Zwey isolirte Korkkügelchen, wovon dem einen die Elektricität des Conductors der Maschine, dem andern die Elektricität des Reibzeuges mitgetheilt worden ist, ziehen sich einander an, und ihre Elektricitäten hören auf.

§. 1169. Zwischen einem durch den Conductor der Maschine und einem durch das isolirte Reibzeug elektrisirten isolirten Leiter springen leichte isolirte leitende Körperchen beständig hin und her, und werden wechselseitig von dem einen und dem andern angezogen und abgestoßen, bis die Elektricität beyder Leiter erschöpft ist.

§. 1170. Wenn man eine Siegellackstange durch Reiben mit einem Katzenfelle elektrisirt, und ein kleines leichtes

Korkkügelchen vermittelst eines feinen Zwirnfadens darüber hängt, so wird dieses von einer andern geriebenen Siegellackstange abgestoßen, von einer geriebenen Glasröhre aber angezogen werden. Eben so stößt auch 5) das isolirte elektrisirte Reibzeug unserer Maschine das Korkkügelchen der elektrisirten Siegellackstange ab, der elektrisirte Conductor und der geriebene Cylinder zieht es an.

§. 1171. Es hat also ganz das Ansehen, als ob es zweyerley Arten der Elektricität giebt, die sich einander entgegengesetzt sind, wie positive und negative Größen, die sich einander aufheben, oder vernichten, wenn sie gleich groß oder stark sind. Es mag nun eine Bewandtniß damit haben, welche es will: so müssen wir hier wenigstens den Zustand der durch das isolirte Reibzeug oder durch den Reiber elektrisirten Körper, d. h., ihre Elektricitäten, als entgegengesetzt (Electricitates contrariae) ansehen, und, ohne uns noch um die Ursach zu bekümmern, die Gesetze dieses verschiedenen Zustandes zu erforschen uns bemühen.

§. 1172. Schon du Fay bemerkte den Unterschied der Elektricität des geriebenen Glases und des Harzes, und unterschied sie durch die Namen: Glaselektricität und Harzelektricität; eine Bezeichnung, die nicht gut gewählt ist, weil, wie die Folge lehren wird, das Glas und das Harz bald die eine, bald die andere Art der Elektricität erhalten kann. Franklin führte aus Gründen, die nachher angeführt werden, die Namen: Plus- und Minus-Elektricität, jenen für die Elektricität des Reibers, diesen für die Elektricität des Reibzeuges der Glasmaschine ein, die er auch positive und negative Elektricität nannte, Lichtenberg bezeichnet sie auf eine bequeme Art durch + E und — E.

Erxleben's Naturlehre von Lichtenberg, 5. Aufl. S. 501 ff.

§. 1173. Allemal findet man, daß das isolirte Reibzeug die entgegengesetzte Elektricität des Reibers und Con-

ductors erlangt: — E, wenn diese + E haben; + E, wenn diese — E erhalten.

§. 1174. Gewöhnlich erhält bey dem Aneinanderreiben zweyer Substanzen diejenige, welche am wenigsten leitet oder am meisten elektrisch ist, + E, die mehr leitende — E. Größere oder geringere Glätte oder Feuchtigkeit ändern aber die Resultate dieser Versuche sehr ab; und die Versuche dieser Art erfordern überhaupt sehr große Aufmerksamkeit und Vorsicht.

§. 1175. Durch Versuche hat man gefunden: 1) Glattes Glas erhält + E, wenn es mit leitenden oder isolirenden Substanzen gerieben wird; nur mit Katzenbalge gerieben wird es — E. 2) Rauhes und matt geschliffenes Glas wird + E, wenn es mit Schwefel, Seide, Wachstaffent und Metallblättern; — E, wenn es mit wollenen Tüchern, mit polirtem Glase, mit Siegellack, mit Papier, oder mit der Hand gerieben wird. 3) Harz bekommt durchs Reiben mit Metall, Schwefel und matt geschliffenem Glase + E: mit polirtem Glase, wollenen Tüchern, weichen Fellen, Papier, — E. 4) Hasenfell erhält, mit Metallblättern, Tuch, Seide, Papier, oder mit der Hand gerieben, + E. 5) Weiße Seide wird + E durch Metallblätter, Tuch, schwarze Seide; — E durch Papier, durch die Hand, und durch weiche Felle. 6) Schwarze Seide + E an Siegellack; — E an weißer Seide, weichem Felle, Papier, oder an der Hand gerieben. 7) Schwefel wird + E mit Metall; — E mit polirtem und mattem Glase, Siegellack, Holz, Papier, Tuch, und mit der Hand gerieben. 8) Metalle werden + E mit Harz; — E mit polirtem Glase. Der Unterschied und die Benennung; Glas- und Harzelektricität, für + und — E, ist eben deßwegen nicht genau und richtig, weil diese Körper bald +, bald — erhalten können.

„Für die Benennungen Glas- und Harz-Elektricität läßt sich sagen, daß sie auf unzweydeutigen Thatsachen — wider Franklins Benennungen, daß sie auf einer bloßen Hypothese beruhen. L.“

Eigene Versuche hierüber haben angestellt: Wilson (Philos. transactions, 1760. Vol. LI.); Symmer (ebendas. S. 340.); Cigna Miscellanea societ. Taurinensis, 1765. S. 31.); Beccaria (G. Beccaria dell' Elettricismo artificale; in Turino 1753. 4.); Wilke (de electricitatibus contrariis, Rostoch. 1757. 4.); Aepinus (Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, auct. F. V. Aepino. Petrop. 1759. 4.); Bergmann (Experimenta electrica cum tabulis vitreis sibi mutuo affrictis instituta; in seinen opusc. phys.-chem. S. 570.; Experimenta electrica cum taeniis sericis instituta, ebendaß. S. 591.); Lichtenberg (Erxleben's Naturl. 6. Aufl. S. 475 ff.)

„Symmer's Versuchen zu Folge (vergl. Singer a. a. O. S. 20) giebt der Rücken einer Katze mit jeder Substanz + E, außerdem geben:

Turmalin	+ E mit Bernstein
	— E mit Demant, und mit der Hand,
Siegellack	+ E mit einigen Metallen
	— E mit Eisen, Graphit, Bley, Wismuth und mit den meisten übrigen Materien.
Dürres Holz	+ E mit Seide
	+ E mit Pelzwerk.

Coulomb's (aus dessen handschrift Nachlaß, von Biot a. a. O. B. II. S. 554 mitgetheilten) Versuchen gemäß, soll

erwärmtes Papier — E mit Wollenzeug und unpolirtem Metall (selten + E) geben; desgleichen mit neuem weißen seidenen Zeuge (selten + E), mit schwarzem seidenen Zeuge stets + E. Sind die Zeuge nicht mehr neu, so giebt es damit, so lange es warm ist, — E, wird dann bald o und darauf + E werthig; ferner

Weiße Seide „erwärmt", mit polirten Metallen stets — E, „erkaltet" zuweilen schwach + E;

Seidenes Zeug in der Luft heftig geschwungen, erhält — E,

Wollenes Zeug „kalt" am polirten Metall + E,
— — unpolirten Metall — E,
erwärmt" am polirten wie am unpolirten Metall stets — E. Kr."

§. 1176. „Coulomb folgert aus seinen Versuchen, daß diejenigen Substanzen, welche sich beym Aneinanderreiben am meisten ausdehnen — E, jene hingegen, welche sich dabey am wenigsten ausdehnen + E erhalten. Kr".

„Bey Gasen und unmetallischen Tropfbaren scheint nicht nur der Leitungsunterschied (§. 1174.) das Bedingende für die Anhäufung der einen oder der andern Elektricität zu enthalten, sondern auch das in dem einen oder dem anderen der Berührenden vorhandene Maaß der Brennbarkeit oder Verbranntheit, das auch bey den Metallen, und wahrscheinlich auch bey den Bildungstheilen der Organismen entscheidet, wiewohl durch Zu- oder Abnahmen der Cohärenz die Art der erregten Elektricität verschiedener Abänderungen fähig ist. K."

„Vergl. auch Haüy's Vers. in den Ann. du Mus. d'hist. nat. III. p. 509—514. übers. in Gehlen's N. A. J. d. Chem. III. p. 96; *Vasalli* in den Mém. de l'acad. de Turin. V. p. 57. übers. in Gilbert's Ann. B. VII. S. 498.; v. Arnim in Gilbert's Ann. B. V. S. 35 ff.; v. Gersdorf ebendas. B. XVII. S. 200 und Cavallo's Elektricitätslehre. II. S. 4 und 380. Kr."

§. 1177. Wilson's Versuchen gemäß erhält von gegen einander geriebenen Isolatoren der härteste stets +E, der minder harte hingegen —E, und Ritter's Untersuchungen und Zusammenstellungen der Ergebnisse anderer, ihm nicht eigener Versuche zu Folge, erhält unter zwey sich berührenden Leitern, der brennbarere stets +E, der minder brennbare hingegen — E. Kr."

„Vergl. Ritter's Elektrisch. Syst. d. Körper. Leipzig 1805. 8. S. 124 u. f. Kr."

§. 1178. Nach Ritter (a. a. O.) ist die elektrische Spannung zweyer Körper (d. h. die gegenseitige Anhäufung des +E an dem einen und des —E an dem andern der sich berührenden Körper), sowohl der Isolatoren als der Leiter, a und z, gleich der Summe aus den Spannungen von ab, bc, cd, de ꝛc. bis und mit yz, und werden einzelne Glieder aus der Spannungsreihe der Leiter mit einzelnen Gliedern aus der Spannungsreihe der Isolatoren zusammengebracht, so verhalten sie sich wie Glieder der letzteren Reihe, und umgekehrt. Beyde Isolatoren und Leiter bilden nach Ritter eine Spannungs- oder Elektricitäts-Erregungs-Reihe. Kr.".

„Nach Ritter bezeichnet die Stellung nachfolgender Glieder, deren gegenseitiges Verhältniß in den einzelnen Spannungsreihen und in der vereinten Reihe:

Spannungsreihe der Isolatoren:	Spannungsreihe der Leiter:	Spannungsreihe der Isolatoren und Leiter:
—E		—E
Schwefel	Wasser	Schwefel
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Siegellack	Manganoxyd	Manganoxyd
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Spannungsreihe der		Spannungsreihe der Isolatoren und Leiter:
Isolatoren:	Leiter:	
— E		— E
Schwarze Seide	Graphit	Schwarze Seide
⋮	⋮	⋮
Weiße Seide	Schwefelmetalle	Silber
⋮	⋮	⋮
Papier	Kohle	Wolle
⋮	⋮	⋮
Holz	Silber	Kupfer
⋮	⋮	⋮
Wolle	Kupfer	Glas
⋮	⋮	⋮
Glas	Eisen	Zink
⋮	⋮	⋮
Turmalin	Bley	Demant
⋮	⋮	⋮
Demant	Zink	+ E
+ E		

§. 1179. „Sind zwey Körper einander vollkommen gleich, so ist deren elektrische Spannung bey ihrer Gegeneinanderbewegung nur sehr geringe, und war dabey der eine ruhend, während der andere stoßend oder drückend gegenbewegt wird, so erhält der bewegliche + E, der zu bewegende — E; waren beyde nur hinsichtlich ihrer Erwärmung verschieden, so erhält der heißere (besser leitende) — E, der kältere + E (vorzüglich wenn sich der wärmere der Schmelzung nähert), jedoch scheint dieses letztere Gesetz auch umgekehrt bey einigen Metallen zu gelten; z. B. wenn heißer Zink und kalter Zink sich berühren, so hat (bis zur Ausgleichung der Temperaturen zur mittleren) der

heiße als solcher verbrennlichere) +E, der kalte hingegen —E. Kr."

§. 1180. „Volta's und Anderer Beobachtungen zu Folge elektrisiren sich nemlich die Leiter unter sich durch bloße, ruhige Berührung, und zwar entweder sehr merklich, oder kaum merkbar; erstere nennt er Leiter der ersten Klasse und zählt dahin alle Metalle, so wie auch die unzerstörte Nerven- und Muskelfaser, letztere Leiter der zweyten Klasse, das Wasser, alle wäßrigen Leiter (in Wasser gelöste Säuren, Oxyde und Salze) dahin rechnend. Die Stärke des Vermögens Elektricität zu erregen, ist bey den verschiedenen Metallen verschieden, und scheint im geraden Verhältniß ihrer Ungleichartigkeit (d. chemischer Entgegengesetztheit) und im umgekehrten ihrer Leitungsfähigkeit für die Elektricität zu stehen (?). Kr."

1181. „Da jeder Isolator durch hinreichende Erhitzung ein Leiter zu werden vermag (z. B. Glas, wenn es bis zum Glühen, Alcohol, wenn er bis zum Sieden erhitzt wird ꝛc.) so scheinen alle Materien hinsichtlich ihres Verhältnisses zur Elektricität in folgende drey Klassen zu zerfallen: Leiter der ersten Klasse: sie erregen die Elektricität durch Berührung sehr merklich und leiten sie sehr schnell; Leiter der zweyten Klasse: sie erregen die Elektricität durch Berührung wenig merklich, hingegen durch Aneinanderbewegung merklicher, und leiten sie gut, jedoch bedeutend langsamer als die der ersten Klasse; Leiter der dritten Klasse; sie erregen durch Berührung die Elektricität kaum merklich, hingegen sehr stark durch Reibung, und leiten sie in demselben Verhältniß schlecht, in welchem sie dieselbe reibend erzeugen. Kr."

§. 1182. „Volta's Versuche lehrten, daß die Leiter erster Klasse ein sehr verschiedenes Vermögen besitzen, sich gegenseitig durch Berührung zu elektrisiren, oder an ihren Gegenflächen die entgegengesetzten E zu erregen, und daß folgende von ihnen in dieser Hinsicht nachstehende

Reihe bilden; Zink, Zinn, Bley, Eisen, Messing, Kupfer, Platin, Gold, Silber, von denen das nächst-vorhergehende Metall gegen das nächstfolgende und gegen alle nachfolgenden +E (also Zink gegen Zinn, und gegen alle übrigen, mithin auch gegen Silber, und gegen dieses unter allen ihm nachfolgenden Metallen am meisten +E) erhält, während das nachfolgende gegen das nächst vorhergehende und gegen alle vorhergehende (Silber also gegen Gold und am meisten gegen Zink) —E bekommt. Setzte er die zwischen Zink und Silber erfolgende Menge von +E am Zink und —E am Silber = 12, so ist diese zwischen Kupfer und Silber = 1; zwischen Eisen und Kupfer = 2, zwischen Zinn und Eisen = 3, zwischen Zink und Bley = 5 und zwischen Zinn und Eisen = 1. Mithin ist die Summe der Elektricität erregenden Mächte aller Zwischenglieder gleich der Eregungsnacht der beyden äussersten Glieder der Reihe; vergl. §. 1178. Kr."

„Volta fand diese Erregungs-Unterschiede, als er zwey ebene über einander gelegte Scheiben der zu prüfenden verschiedenen Metalle (z. B. eine Zinkscheibe und eine Silberscheibe) gegen einander preßte, darauf abwechselnd die eine und dann die andere mit der Erde in leitende Verbindung setzte, und dann an jeder der Scheiben, mittelst des (weiter unten zu erwähnenden) Condensator's, die Art und die Menge der Elektricität bestimmte. Getrennt, zeigte dann die eine Scheibe (z. B. die zinkene) +E, die andere (z. B. die silberne) —E. Dasselbe Resultat erhielt er, als er die Enden zweyer prüfenden Metallstreifen an einander löthete, und das eine Ende, z. B. das Zinkende mit dem Condensator in Berührung brachte, während er das andere Ende durch Halten in der Hand mit der Erde leitend verband; Volta in den *Philos. transact.* 1800. und Ritter's Beyträge zur n. Kenntniß des Galvanismus. B. II. S. 28—30; vergl. auch m. Experimentalphys. B. II. Cap. VI. §. 115 u. ff. Kr."

„Keine elektrische Spannung zeigte sich, als V. zwischen zwey Scheiben von einerley Metall (z. B. zwischen zwey Zinkscheiben eine dritte Scheibe von einem anderen Metalle (z. B. eine Silberscheibe) legte und übrigens auf die vorhin beschriebene Art verfuhr; hingegen bemerkte V. Spannung, als er auf ein Zinksilber-Platten-Paar eine feuchte Schicht (z. B. feuchte Pappe) brachte, und darüber wieder irgend eine Metallplatte legte; diese letztere zeigte dann die von der feuchten Schicht durchgelassene Elektricität der oberen der beyden ungleichartigen, sich berührenden Metallplatten. War z. B. Silber, Zink, Wasser und darüber irgend ein Metall geschichtet, so zeigte dieses das durch das Wasser ihm zugeleitete +E des Zinks; a. a. O. Kr."

„Einige Physiker weichen hinsichtlich der Bestimmung der Folgenreihe der letzteren Metalle etwas ab, und setzen z. B. statt — Gold, Silber; Silber, Gold. Die vollständigste Belehrung über diese und verwandte Gegenstände findet man bey Singer a. a. O. Kr."

§. 1183. „Je zwey verschiedene Leiter erster Klasse, bilden mithin, wenn sie sich berühren, eine Vorrichtung zur Entwickelung und räumlichen Sonderung beyder E, und heißen darum ein Elektromotor; und da auch die Leiter zweyter Klasse sowohl unter sich, wie auch bey Berührung eines oder des anderen Leiters erster Klasse, wiewohl in weit geringerer Menge beyde E erzeugen und von einander sondern, so folgt, daß, überall, wo sich ungleichartige Leiter berühren, Elektromotore gegeben sind, und mithin beyde E entbunden und räumlich gesondert werden können. Kr."

§. 1184. „Ueberall, wo beyde E von einander entgegengesetzten Richtungen in die Substanz eines Leiter's schneller einströmen, als dieser zu leiten vermag, erfolgt, wenn er zu den Leitern zweyter Klasse gehört, chemische Zersetzung, und wenn er zu denen der ersten Klasse gehört: (oftmals bis zum Glühen fortschreitende) Erhitzung desselben. Kr."

„Vergl. m. Einleitung in d. neuere Chem. 3. Abschnitt, a. a. O. Ueber d. Möglichkeit auf elektrischem Wege die Zersetzung der Leiter erster Klasse einzuleiten; ebendaselbst. Kr."

„Vergl. auch oben §. 1118. Anm. Kr."

§. 1185. „Hierher gehören die Zersetzung des Wassers und der in Wasser löslichen Chemischzusammengesetzten in ihre Bestandtheile, durch die in hinreichender Menge von räumlich entgegengesetzten Richtungen her einströmenden, ungleichwerthigen E, des — E und des + E, sowohl der beyden Conductoren der Elektrisirmaschine (oder deren Vertreter) als auch irgend eines Elektromotors. Kr."

„Vergl. v. Marum's (im Journ. de Phys. XXXV. p. 869.) Ritter's (in Gilbert's Ann. B. IX. S. 1 u. f. B. XI. S. 220.) und Wollaston's Zersetzung des Wassers mittelst der Elektricität d. Ma-

schine (Wollaston in den *Phil. trans.* XCI. p. 427). Ueber Zersetzung wässeriger Flüssigkeiten durch Elektromotore s. weiter unten und Ritter's verm. Schriften B. I.—III. Die ersten hieher gehörigen Beob. machten Carlisle und Nicholson S. des letzteren Journ. IV. p. 179. Kr."

§. 1186. Werden mit den entgegenströmenden Elektricitäten beladene Stoffe zu einander bewegt, so erfolgt häufig chemische Mischung derselben. Hieher gehört die zuerst von Cavendish (Philos. Transact. LXXV. p. 372 und LXXVIII. p. 261.) beobachtete Erzeugung der Salpetersäure aus atmosphärischer Luft, durch welche man anhaltend einfache elektrische Funken schlagen läßt, und die Erzeugung von Salpetersäure und Ammoniak, mittelst der aus Elektromotoren anhaltend entwickelten, und in eine wäßrige Lösung thierischer Bildungstheile strömenden entgegengesetzten E. Kr."

Gesetze der Elektricität.

§. 1187. Ohne uns hier schon um die Ursach der Verschiedenheit der Elektricitäten zu bekümmern, können wir doch die Gesetze, die sie befolgen, näher entwickeln. Diese Gesetze sind einfach, aber fruchtbar an Folgerungen, und gewähren eine leichte Uebersicht der bis jetzt vorgetragenen und noch anzuführenden Phänomene. „Zwar sind die meisten derselben bereits im Vorhergehenden gelegentlich entwickelt worden, indeß heischt ihre Wichtigkeit eine, im Folgenden gegebene, gedrängte Zusammenstellung, mit steter Rücksicht auf die davon zu machenden Hauptanwendungen. Kr."

§. 1188. I) **Gleichartige Elektricitäten stoßen sich ab.** Ein Körper + E stößt einen andern leichten und beweglichen + E ab; und beyde zeigen, gegen einander genähert, keine Funken, wenn sie verhältnißmäßig gleich viel + E haben, sondern behalten ihre Elektricität. Ein Körper — E stößt einen andern, dessen Elektricität auch — E,

und mit jener verhältnißmäßig gleich groß ist, von sich, unter eben den Erscheinungen.

§. 1189. Die Kraft, mit welcher sich gleichnamig- oder gleichartig elektrisirte Körper abstoßen, verhält sich umgekehrt, wie die Entfernung.

„Simon a. a. O. K."

§. 1190. Aus diesem Abstoßen gleichnamiger Elektricitäten hat man auch Anlaß zu den Elektrometern genommen. Die meisten dienen höchstens nur, um daraus ohngefähr zu beurtheilen, ob eine Elektricität stärker oder schwächer sey, als eine andere; nicht aber, wie groß sie eigentlich sey.

1) Canton's Korkkugel-Elektrometer.
Philos. transact. Vol. XLVIII. P. I. n. 53.

2) Henly's Quadranten-Elektrometer.
Philos. transact. Vol. LXII. S. 359. „Hieher gehören auch Brook's und Cuthberson's Elektrometer. Gilbert's Ann. B. III. S. 1. Kr."

3) Cavallo's Elektrometer.
Dessen vollständige Abhandlung von der Elektricität, S. 124.

4) Ebendesselben Taschen-Elektrometer.
a. a. O. S. 294.

5) Eine Abänderung desselben, von Adams beschrieben.
Versuch über die Elektricität, worin Theorie und Ausübung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert werden, von Georg Adams; aus dem Engl. Leipzig 1788. 8. S. 164.

6) Achard's Elektrometer.
Abhandlung von der Kraft der Elektricität, von Fr. Carl Achard, im I. B. der Beschäft. der Berlin. Gesellschaft naturf. Freunde, S. 53.

7) Saussure's Elektrometer, besonders für die atmosphärische Elektricität.
Desselben Reisen durch die Alpen, Th. III. Leipzig 1787. §. 791.

8) de Luc's Fundamental-Elektrometer
Desselben neue Idee über die Meteorologie, B. I. §. 397.

9) Benner's sehr empfindliches Elektrometer aus Blattgoldstreifen.
Gren's Journal der Physik, B. I. S. 380.

10) Volta's Strohhalm-Elektrometer, das er auch vergleichbar gemacht hat, so daß es dem Zwecke eines Elektrometers entspricht.
Alex Volta meteorologische Briefe, aus dem Ital. B. I. Leipzig 1793. 8.

11) Cou-

11) Coulomb's elektrische Waage, die auf eine sehr sinnreiche Art die Stärke der untersuchten Elektricität vergleichbar darstellt, und ein wahres Elektrometer ist.
Coulomb a. a. O. S. 51. „Biot a. a. O. B. II S. 349. Kr."

12) „Hauy's sehr brauchbares Elektrometer, aus einer, auf einer Spitze horizontal beweglichen, an jedem Ende mit einer Kugel versehenen Messingstange; dessen Mineralogie B. I S. 515. Kr."

13) „Marechaux's Mikroelektrometer (und Erman's Vorschläge zur Verbesserung der Elektrometer). Gilbert's Ann. B. XV. S. 98. 389. B. XVI. S. 115. Kr."

14) Bohnenberger's Elektrometer, in Verbindung mit einem Condensator; Gilbert's N. F. B. XXIII. S. 24. mit Weglassung der dort als zugehörend beschriebenen zambonischen Säule). Kr."

§. 1191. II) Ungleichartige Elektricitäten ziehen sich an. Ein Körper, der + E hat, zieht einen andern, leicht beweglichen, — E an, und umgekehrt; und beyde zeigen nach dem Zusammentreffen keine Elektricität mehr, wenn sie gleich viel + E oder — E hatten.

§. 1192. Dieß giebt uns auch ein Mittel an die Hand, um die entgegengesetzten Elektricitäten selbst zu finden. Hängt man nehmlich Korkkügelchen an einem Zwirnsfaden über eine mit einem wollenen Tuche geriebene Siegellackstange, und ertheilt ihnen dadurch — E: so werden sie von einem + E haltenden Körper angezogen, von einem mit — E versehenen zurück gestoßen werden.

§. 1193. Ein mit + E oder — E versehener Körper zieht nicht nur denjenigen an, der die der seinigen entgegengesetzte Elektricität hat (§. 1191.), sondern auch einen jeden andern nicht elektrisirten, oder dessen Elektricität o ist. — Diese Wirkung der elektrisirten Körper auf andere o E oder die entgegengesetzte Elektricität enthaltende geschieht nach der Stärke ihrer Elektricität in einer größern oder geringern Entfernung; und den Raum, durch welchen sich diese Wirkung erstreckt, nennt man eben den Wirkungskreis, oder die elektrische Atmosphäre des elektrisirten Körpers (§. 1125)

§. 1194. Wenn man einen unisolirten Leiter, z. B. eine Metallstange, dem elektrisirten Conductor der Maschine

nahe bringt, so erhält jener an dem dem Conductor zugekehrten Ende die entgegengesetzte Elektricität des Conductors: +E, wenn dieser —E hatte, und —E, wenn dieser +E besaß; bey der größern Annäherung erhält der Leiter einen Funken, und die Elektricität hört ganz auf. Wenn aber der Leiter isolirt ist, so erhält das von dem elektrisirenden Körper abgewendete Ende die gleichnamige Elektricität von jenem, und also die entgegengesetzte an dem dem Conductor zugekehrten Ende. Bey der Annäherung nehmen beyde Elektricitäten zu, bis der Leiter endlich einen Funken erhält, worauf seine Elektricität die gleichnamige des elektrisirenden Körpers wird.

§. 1195. Wenn man aber diesen isolirten Leiter wieder von der Maschine isolirt entfernt, ehe er so nahe kommt, daß er einen Funken erhält, so hört die Elektricität, die sich an seinen entgegengesetzten Enden als entgegengesetzt zeigte, sogleich auf, und es ist alles wieder im natürlichen Zustande. Berührt man ihn aber, während er in dem Wirkungskreise des elektrisirenden Körpers ist, an dem von diesem abgewandten Ende mit dem Finger, oder sonst mit einem leitenden Körper, so entsteht ein Funken, und seine Elektricität hört auf. Entferne ich ihn jetzt zugleich isolirt von dem elektrisirenden Körper, so hat er die entgegengesetzte Elektricität des elektrisirenden Körpers, oder die gleichnamige des diesem zugekehrten Endes.

§. 1196. In diesem Falle entsteht also Elektricität, ohne daß sie der elektrisirende Körper verlöre, also nicht durch Mittheilung (§. 1113.), sondern durch Vertheilung der Elektricität. Sie gründet sich eigentlich auf die vorher angeführten Gesetze der Elektricität: daß ungleichartige Elektricitäten sich anziehen, gleichartige sich abstoßen (§§. 1188. 1191.), und macht das dritte Gesetz: III) Jeder elektrisirte Körper erregt in denjenigen Körpern, die in seinen Wirkungskreis kommen, in diesem Wirkungskreise eine der seinigen entgegengesetzte Elektricität.

§. 1197. Wenn der in den Wirkungskreis eines elektrisirten Körpers gebrachte ein Nichtleiter ist, so erhält er zwar auch an dem Ende, welches dem elektrisirten Körper zugekehrt ist, die entgegengesetzte Elektricität. Allein eben wegen seiner nicht-leitenden Eigenschaft ist die erregte Elektricität nicht stark, und erstreckt sich nicht weit; man findet an ihm vielmehr schwache abwechselnde Zonen von entgegengesetzten Elektricitäten.

§. 1198. Dünne Nichtleiter halten diese Wirkungen der Vertheilung der Elektricität oder der elektrischen Atmosphäre nicht auf, wohl aber die der Mittheilung.

Hypothesen über die entgegengesetzten Elektricitäten.

Franklins Hypothese. Dualistische Hypothese.

§. 1199. Der Erste, welcher eine Hypothese über die bekannten elektrischen Erscheinungen entwarf, die den bisher vorgetragenen Gesetzen entsprach, und aus der sie ohne Ausnahme (?) auf eine genugthuende Weise abgeleitet werden konnten, war Franklin. Die Grundsätze dieser Franklinschen Hypothese, die wir nachher auf die vorzüglichsten Phänomene der Elektricität anwenden wollen, sind folgende: 1) Es ist durch alle Körper eine subtile Materie verbreitet, von welcher die elektrischen Erscheinungen abhängen. 2) Diese elektrische Materie ist ein expansibles Fluidum, oder eine solche, deren Theile gegen einander Repulsionskraft ausüben. 3) Das elektrische Fluidum wird von den Theilen anderer Körper angezogen, und kann dadurch in den Zustand gebracht werden, daß es aufhört, expansibel zu seyn. 4) Jeder Körper kann aber durch seine Anziehungskraft zur elektrischen Materie nur eine gewisse Menge davon enthalten, wenn die Expansivkraft derselben darin im Zustande des Gleichgewichts seyn, und wenn er keine elektrischen Erscheinungen äußern, oder seine Elektricität 0 seyn soll. Diesen Zustand kann man die Sättigung des Kör-

pers mit elektrischer Materie nennen; man nennt ihn auch den natürlichen Zustand der Elektricität eines Körpers. 5) Wenn ein Körper eine größere Quantität des elektrischen Fluidums erhält, als sein natürlicher Zustand (4.) erfordert, so wird er positiv elektrisirt, oder erlangt Plus-Elektricität. 6) Wenn ihm hingegen von der Quantität der elektrischen Flüssigkeit, die seinem natürlichen Zustande angemessen ist, entzogen wird, so wird er negativ elektrisirt, oder erlangt Minus-Elektricität. 7) Alle nicht-isolirte leitende Körper sind im natürlichen Zustande der Elektricität. 8) Der positive oder negative Zustand der Elektricität kann nur isolirten Körpern zukommen. 9) Das elektrische Fluidum kann aus einem Körper in den andern nur dann übergehen, wenn das elektrische Gleichgewicht gehoben ist, und kein Widerstand eines Nichtleiters den Uebergang hindert. 10) Ein Körper, aus welchem das elektrische Fluidum an einen andern übergehen soll, muß in Beziehung auf diesen Plus-Elektricität haben. 11) Aller positiv- oder negativ-elektrische Zustand der Körper entsteht entweder durch Uebergang, oder durch Vertheilung*) (§. 1196.) des elektrischen Fluidums. 12) Die elektrische Atmosphäre der Körper oder ihr Wirkungskreis ist Luft, durch Vertheilung elektrisirt.

New experiments and observations on electricity, by *Benj. Franklin.* Lond. 1751. 4, verm 1769. 4. Benj Franklins Briefe von der Elektricität, aus dem Engl. mit Anm. von J. C. Wilke, Leipzig 1758.

*) „Was heißt Vertheilung des elektrischen Fluidums? Etwas Bestimmteres, als das bloße Wort, findet man weiter unten, §. 1204 und 1205. F."

§. 1200. Dieser Franklinschen Hypothese steht eine andere entgegen, deren erster Urheber Rob. Symmer ist. Nach derselben giebt es zwey verschiedene elektrische Materien, wovon, wenn sie einzeln thätig sind, die eine den Franklinschen positiven Zustand, die andere aber den negativen zuwege bringt. Der letztere rührt also auch von einem positiven Wesen her. Jede dieser respectiven elektrischen Materien (+E und —E) ist eine expansible

Flüssigkeit, deren respective Theile Repulsionskraft gegen einander ausüben. Sie selbst, die ungleichartigen elektrischen Materien, ziehen sich unter einander an; und durch ihre Vereinigung in einem Körper heben sie sich in ihren Wirkungen gegen einander auf, so daß alle sensible Elektricität vernichtet ist. Man sieht also, daß nach dieser Hypothese, die man auch die dualistische nennt, jede der entgegengesetzten elektrischen Materien nur einzeln für sich ein expansibles Fluidum ist, daß sie es aber in ihrer Verbindung nicht mehr sind. Ein jeder Körper hat im natürlichen Zustande, wo er kein Zeichen der Elektricität von sich giebt, beyde elektrische Materien, + E und — E, in sich vereinigt, und zwar in dem Maaße, daß sie sich gegen einander aufheben, und also 0 E machen. Wenn das Gleichgewicht beyder elektrischen Materien durch irgend einen Proceß aufgehoben wird, so wird der Körper elektrisirt. Er wird positiv elektrisirt, wenn ihm freyes + E mitgetheilt, oder wenn ihm von seinem natürlichen — E entzogen wird. Es erhält die negative Elektricität, wenn ihm freyes — E mitgetheilt, oder wenn ihm von seinem natürlichen + E entzogen wird. Das freye + E oder — E eines elektrisirten Körpers kann aber auch das gebundene gleichnamige eines Körpers abstoßen, und das ungleichnamige anziehen, so daß Elektricität durch Vertheilung entsteht.

Symmers oben (§. 1175.) angeführte Abhandlung.

„Daß die Symmersche Hypothese einen bestimmtern Begriff von Vertheilung der Elektricität giebt, ist selbst aus dieser Darstellung des Verfassers klar. F."

§. 1201. Diese dualistische Hypothese hat zwar viel Anhänger und Liebhaber gefunden, aber sie erklärt nicht mehr und nicht leichter, als die Franklinsche, welche so wenig ein bekanntes Phänomen unerklärt läßt, als die Symmersche. In Beziehung auf die oben (§. 19.) gegebene Regel kann man nicht umhin, der Franklinschen den Vorzug zuzugestehen. Man braucht nach Franklin nur Eine Materie, um den dreyfachen Zustand der Körper in Ansehung

der Elektricität zu erklären. Nach der dualistischen Hypothese braucht man dazu, nicht zwey, sondern drey Materien, nehmlich ein +E, ein —E und ein oE: denn dieses oE ist ja eine, aus den beyden andern Materien durch Zusammensetzung entsprungene, neue Materie. Was mich aber noch vorzüglich bestimmt, mich für die Franklinsche Hypothese zu erklären, ist der Umstand, daß die vermeinten entgegengesetzten elektrischen Materien, einzeln betrachtet, sich den Sinnen in ihren Wirkungen gar nicht verschieden zeigen (denn die oben §. 1164 f. angeführten Erscheinungen („z. B. kalter Schwefel erhält gegen Metalle +E, schmelzender —E. Kr.") können doch wohl nicht als sinnliche Verschiedenheit zweyer Materien, sondern nur als Verschiedenheiten der Richtung des Stromes Einer Materie gelten), und daß keine Analogie in der ganzen Naturlehre weder eine solche Uebereinstimmung für alle sinnliche Wahrnehmung bey zwey specifisch verschiedenen Materien darthut, noch einen Fall hat, wo durch die Verbindung zweyer die Sinne afficirenden Materien eine dritte (das oE der Dualisten) entspringt, welche schlechterdings nicht mehr sinnlich wahrzunehmen ist. Vergeblich beruft man sich, um analoge Fälle zu erhalten, auf Phlogiston und Wärmestoff, oder auf Hydrogen und Oxygen u. dergl. Diese Beyspiele widerlegen geradezu das, was man dadurch beweisen will. Ich will indessen hier die Anwendung beyder Hypothesen zur Erklärung der vorzüglichsten, bis jetzt angeführten, elektrischen Erscheinungen geben.

§. 1202. Durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine entsteht positive Elektricität auf dem Glase, und negative Elektricität im isolirten Reibzeuge. (Die Untersuchung über das Wie gehört noch nicht hierher.) Nach der Franklinschen Hypothese wird also dem Reibzeuge durch das Glas beym Reiben elektrische Materie entzogen, und auf der Fläche des Glases, wegen der nichtleitenden Eigenschaft, angehäuft. Wenn das Reibzeug nun isolirt ist, so kann es seinen Mangel der elektrischen Ma-

terie nicht ersetzen; es ist also negativ elektrisirt. In andern Fällen, wo der reibende elektrische Körper negativ elektrisirt wird (§. 1175.), ist es dieser, der von seiner elektrischen Materie hergiebt, und das Reibzeug empfängt, das also in diesem Falle, wenn es isolirt ist, positive Elektricität zeigt, während jener die negative hat. — Nach der dualistischen Hypothese wird durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine das +E des letztern frey; das Glas führt wegen seiner nicht-leitenden Eigenschaft dieses +E nicht gleich durch seine Substanzen weiter, und zeigt nun die Elektricität des +E; das —E des Reibzeuges bindet dieses +E nicht mehr ganz, und wenn es isolirt ist, so kann dieses +E in ihm nicht ersetzt werden, und sein —E ist also ebenfalls frey. Daher zeigt das Reibzeug nun negative Elektricität, während das Glas positive hat. Und so ist es auch in den andern Fällen, wenn der reibende elektrische Körper —E aus dem Reibzeuge losmacht, dann hat dieses +E.

„Nach der dualistischen Hypothese wird bey dem Reiben die natürliche Elektricität, sowohl des Glases als des Reibzeuges, zersetzt. Die Glaselektricität sammelt sich abgesondert auf dem Glase, die Harzelektricität im Reibzeuge. Ist dieses isolirt, so kann die letztere nicht abströmen, und keine neue Elektricität aus dem Erdboden zuströmen. Die Wirkung kann daher nur schwach seyn. F."

Der Wachstaffent, der den Glascylinder zum Theil umgiebt, hat seinen Nutzen hauptsächlich darin, daß er durch die entgegengesetzte Elektricität die Intensität des +E des Glascylinders schwächt; dadurch wächst die Capacität des letztern, und er kann solchergestalt mehr +E aus dem Reibzeuge aufnehmen. Beyde entgegengesetzte Elektricitäten des Wachstaffents und des Glases binden sich nur wechselseitig, ohne sich zu sättigen, welches bey glatten, nicht-leitenden Flächen nicht Statt finden kann. So wie nun der Reiber den Wachstaffent verläßt, so wird sein +E jetzt wieder frey und wird vom Zuleiter eingesogen. — Man sieht hieraus auch leicht den Grund ein, warum der Wachstaffent keine Falten und Unebenheiten haben darf, wenn seine Wirkung stark seyn soll.

§. 1203. Wenn aber das Reibzeug unserer Elektrisirmaschine durch leitende Materie mit der Erde verbunden ist, so ersetzt es nach Franklin aus dieser unerschöpflichen Quelle seine abgeführte elektrische Materie wieder: es bleibt also immer im natürlichen Zustande, und kann demnach im-

mer wieder elektrische Materie an das Glas abgeben, wenn diese abgeleitet wird. „Nach der dualistischen Hypothese strömt die im Reibzeuge gehäufte freye Glaselektricität ab, wenn das Reibzeug in leitender Verbindung mit dem Erdboden steht; und hierdurch entsteht Raum für neue, aus dem Erdboden zuströmende natürliche Elektricität, die dann durchs Reiben auf die nehmliche Art zersetzt wird. F."

§. 1204. Jeder elektrisirte Körper hat eine größere oder geringere elektrische Atmosphäre, in welcher sich das elektrische Anziehen und Abstoßen äußert. Der negativ-elektrisirte Körper hat sie so gut, als der positiv-elektrisirte. Dieser elektrische Wirkungskreis entsteht nach der Franklinschen Hypothese lediglich durch Vertheilung der natürlichen elektrischen Materie der Luft. Wird nehmlich ein Körper positiv elektrisirt, so wird die abstoßende Kraft der auf ihm angehäuften elektrischen Materie auch auf die natürliche elektrische Materie der Luft thätig, und bringt diese aus ihrem Zustande des Gleichgewichts, so daß sie nun selbst Repulsionskraft in ihren Theilen und Anziehungskraft gegen andere Materien um den elektrisirten Körper herum äußert, und zwar mit einer Intensität, die dem oben (§. 1189) angeführten Gesetze gemäß ist. Die Luft empfängt hierbey als ein Nichtleiter kein elektrisches Fluidum durch Mittheilung von dem elektrisirten Körper, als in sofern sie leitende Substanz enthält. Wird hingegen der Körper negativ elektrisirt, so wird auch der natürliche Zustand der Elektricität der Luft gehoben; ihre natürliche elektrische Materie strebt in den Körper einzudringen, oder wird von dem Körper gezogen, ohne sich doch, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft der Luft, ihm mittheilen zu können. Wegen dieser gegen den negativ-elektrisirten Körper strebenden elektrischen Materie der Luft sucht diese sie aus andern Materien anzuziehen, ebenfalls mit einer Intensität, die sich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung von dem elektrisirten Körper. — Nach der dualistischen Hypothese ist die

Erklärung folgende. In dem positiv-elektrisirten Körper ist +E thätig; es äußert seine abstoßende Kraft auf das natürliche +E der Luft, und seine anziehende auf das natürliche —E derselben. Es beschäftigt das letztere, ohne sich doch damit zu sättigen, welches die nicht-leitende Eigenschaft der Luft hindert (d. h., es schwächt nur die Anziehung des letztern zum ersten, wodurch dieses in einen freyern Zustand versetzt wird). Das natürliche, nun sensibel gewordene +E der Luft äußert nun wieder seine Thätigkeit, d. i., Repulsionskraft in seinen Theilen, und anziehende Kraft gegen das —E anderer Körper. Wenn der Körper negativ elektrisirt ist, so ist alles umgekehrt.

§. 1205. Wenn ein isolirter leitender Körper dem positiv-elektrisirten Körper genähert wird, so daß er in seinen Wirkungskreis kommt, so äußert nach Franklins Hypothese die thätig gewordene elektrische Materie der Luft in diesem Wirkungskreise (§. 1204.) ihre abstoßende Kraft auf das natürliche elektrische Fluidum dieses Leiters, und sucht sich gleichförmig zu verbreiten, ohne doch, wegen der nicht-leitenden Eigenschaft der Luft, in den Leiter übergehen zu können. Die natürliche elektrische Materie des Leiters wird also auch aus dem Gleichgewicht gebracht, oder thätig; sie häuft sich also in dem entferntern Ende des Leiters mehr an, während sie in dem genäherten Ende unter ihre natürliche Menge vermindert ist. Ist hingegen der Körper negativ-elektrisirt, so strebt die natürliche elektrische Materie des isolirten Leiters, die der Luft, welche gegen den elektrisirten Körper hinstrebt (§. 1204), zu ersetzen; seine natürliche elektrische Materie wird also ebenfalls aus dem Gleichgewichte gebracht und thätig, und das entferntere Ende des Leiters wird negativ, das genäherte positiv elektrisirt. In beyden Fällen entsteht also Elektricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung; und es erklärt sich hieraus ungezwungen das oben (§. 1196.) angeführte dritte Gesetz der entgegengesetzten Elektricitäten. Nach der dualistischen Hy-

pothese strebt in dem einen oder andern Falle das thätig gewordene natürliche + E oder — E der Luft in dem Wirkungskreise des elektrisirten Körpers, das natürliche — E oder + E des isolirten Leiters anzuziehen, und das natürliche + E oder — E desselben abzustoßen. Es entsteht also in diesem Leiter Elektricität durch Vertheilung, nicht durch Mittheilung; und es erklärt sich darnach der Erfolg des angeführten dritten Gesetzes der Elektricitäten.

§. 1206. Wenn man den isolirten Leiter, ohne ihn mit einem andern Leiter berührt zu haben, wieder aus dem Wirkungskreise des elektrisirten Körpers entfernt, so hört seine Elektricität wieder auf. Seine auf ihm ungleichförmig vertheilt gewesene natürliche elektrische Materie verbreitet sich wieder gleichförmig; und da er nichts davon verloren, nichts dazu empfangen hat, so ist er wieder im natürlichen Zustande der Elektricität. — Oder bey dem Wiederentfernen des Leiters binden und sättigen sich sein natürliches + E und — E wieder von neuem, und es wird daraus wieder o E.

§. 1207. Wenn der in den Wirkungskreis des elektrisirten Köpers gebrachte Leiter nicht isolirt ist, so entsteht zwar auch in dem genäherten Ende aus den vorhin angeführten Gründen die entgegengesetzte Elektricität; aber in dem entfernten Ende setzt sich alles, wegen der Nichtisolirung, ins natürliche Gleichgewicht.

§. 1208. Je näher der leitende, isolirte oder nicht isolirte Körper dem elektrisirten kommt, desto mehr werden, aus leicht einzusehenden Gründen, die entgegengesetzten Elektricitäten auf einander wirken können, so daß endlich die auf dem positiv-elektrisirten Körper angehäufte elektrische Materie die Luftschicht durchbricht, und sich auf beyde Körper nach den Regeln des Gleichgewichts vertheilt. Es entsteht in diesem Falle ein Funke, und wenn der leitende Körper isolirt ist, Elektricität durch Mittheilung, durch Abgabe oder Annahme von elektrischer Materie.

§. 1209. Wenn man in den vorher (§. 1205) angeführten Fällen das entferntere Ende des Leiters mit dem Finger oder einem andern leitenden Körper berührt, während das andere Ende in dem Wirkungskreise des elektrisirten Körpers ist, so entsteht ein Funke, und die Elektricität an diesem Ende hört auf. Ist nehmlich das berührte Ende positiv elektrisirt, so tritt das elektrische Fluidum von demselben an den Finger über, und setzt sich ins Gleichgewicht. Ist es hingegen negativ, so ergießt sich aus dem berührenden Finger oder Leiter elektrische Materie in dasselbe, und das Gleichgewicht wird ebenfalls hergestellt. Das dem elektrisirten Körper genäherte Ende des Leiters behält dessen ungeachtet die entgegengesetzte Elektricität; weil die Ursachen dazu fortdauern. Entfernt man nun den berührten Leiter aus dem Wirkungskreise des elektrisirten Körpers, und zwar so, daß er isolirt bleibt, so hat er jetzt durchaus die ungleichnamige Elektricität des elektrisirten Körpers, indem sich im erstern Falle die an dem entferntern Ende nur in der natürlichen Dosis desselben zurückgebliebene elektrische Flüssigkeit auch wieder in das vorher negativ gewesene Ende verbreiten muß, folglich nun im ganzen Leiter die elektrische Materie unter den Sättigungspunkt vermindert ist, also Minus-Elektricität macht; im andern Falle hingegen die an dem genäherten Ende über den natürlichen Zustand desselben angehäufte elektrische Materie sich jetzt über das andere Ende verbreitet, das seine natürliche Quantität schon hat, und folglich der Körper im Ganzen Plus-Elektricität erlangen muß. — Nach der dualistischen Hypothese zieht im erstern Falle das freygewordene + E an dem entferntern Ende des Leiters aus dem berührenden Finger — E an, sättigt sich damit, es entsteht ein Funke, und es hört alle sensible Elektricität an diesem Ende auf. Entfernt man nun den berührten Leiter isolirt aus dem Wirkungskreise des positiv-elektrisirten Körpers, so hat er (wegen des — E in dem genäherten Ende) jetzt — E + E — E, ist also negativ elektrisirt. So ist es nun auch im andern Falle, wo der

elektrisirende Körper freyes — E hatte; dann sättigt sich das freygewordene — E des entferntern Endes des Leiters mit + E aus dem ihn berührenden Finger, und nach der Entfernung aus dem Wirkungskreise hat der isolirte Leiter nun + E — E + E, oder ist positiv elektrisirt.

§. 1210. Jetzt läßt sich nun auch leicht nach beyden Hypothesen einsehen: warum die positive Elektricität des Glascylinders nicht so stark ist, wenn der Conductor der Maschine ihm genähert ist, als wenn dieser entfernt ist; warum der Conductor der Maschine die stärkste Elektricität erhält, wenn das Reibzeug nicht isolirt ist; warum die negative Elektricität des isolirten Reibzeuges am größesten ist, und warum bey übrigens gleichen Umständen die Funken stärker sind zwischen einem positiv-elektrisirten Conductor und einem negativ-elektrisirten, als zwischen einem elektrisirten Conductor überhaupt und einem nicht-elektrisirten Leiter.

§. 1211. Wenn man erwägt, daß jeder elektrisirte Körper einen elektrischen Wirkungskreis hat (§ 1204.); wenn man sich ferner eine richtige Vorstellung von der Entstehung dieser Wirkungskreise und der Art und Weise ihrer Wirksamkeit (§. 1205.) macht, und hiermit den Erfolg des dritten Gesetzes der Elektricität verbindet; so wird man die Erscheinungen des Anziehens leicht-beweglicher leitender, isolirter oder nicht isolirter Körper, und das Abstoßen der erstern nach der Mittheilung der Elektricität, sie mag positiv oder negativ seyn, nach der Franklinschen Hypothese so leicht erklären können, als nach der dualistischen.

§. 1212. Eben so leicht folgt daraus die Erklärung des ersten und zweyten Gesetzes der entgegengesetzten Elektricitäten (§§. 1188 — 1191.). Es seyen z. B. zwey Korkkügelchen positiv elektrisirt, so fliehen sie von einander, weil sie ihren Ueberfluß der elektrischen Materie an die umgebende Luft abzusetzen streben. Ein einzelnes so elektrisirtes Korkkügelchen würde dieß nach allen Seiten hin gleichförmig

thun; es muß also in Ruhe bleiben. Bey zweyen oder mehrern sich berührenden hingegen muß jene Tendenz nach der äußern Seite hin stärker seyn, als nach der andern; sie scheinen also einander abzustoßen. Die Erklärung ist nicht schwieriger, wenn die Korkkügelchen auch negativ elektrisirt sind. Sie streben dann ihren Mangel der Elektricität aus der umgebenden Luft zu ersetzen, und scheinen sich also abzustoßen, da doch eigentlich auch hier die elektrische Atmosphäre auf ihrer äußern Seite ihre Entfernung bewirkt. Man braucht also seine Zuflucht gar nicht zu der Luft zwischen ihnen zu nehmen, was in dem Falle, da sie sich erst berührten, nicht einmal anginge. Bey zwey ungleichnamig elektrisirten, isolirten, leicht beweglichen, leitenden Körperchen, die einander genähert werden, muß, wie man nun leicht einsieht, das Streben nach der innern Seite zu stärker, als nach der äußern Seite der Wirkungskreise seyn; sie müssen sich also einander nähern, oder den Erfolg des zweyten Gesetzes zeigen.

§. 1213. Das wechselseitige Schwingen eines leicht beweglichen isolirten Leiters zwischen einem elektrisirten und nicht-elektrisirten Körper; oder zwischen zwey ungleichnamig elektrisirten Leitern, wie der Tanz papierner Puppen, das elektrische Glockenspiel, bedürfen nun keiner weitern Auseinandersetzung, sondern fließen aus dem Angeführten von selbst.

„Eine vielleicht genügendere Beurtheilung beyder Hypothesen dürfte die Erwägung der der einen wie der anderen gemachten Einwürfe gewähren, die wir weiter unten zu geben versuchen wollen. Kr."

Die verstärkte Elektricität.

§. 1214. Wenn man in ein Zuckerglas, das auswendig und inwendig, bis einige Zoll unter seinem Rande, mit Stanniol überzogen ist, und das auf einem leitenden Tische steht, von dem Conductor der Maschine einen Metalldrath bis auf den Boden des Glases herabhängt, und

dann elektrisirt, hierauf aber den äußern Ueberzug des Glases mit der einen Hand, den Drath, oder den Conductor der Maschine, mit welchem der innere Ueberzug noch in leitender Verbindung ist, mit der andern Hand anfaßt, so entsteht nicht nur ein sehr lebhafter, mit einem Geprassel hervorbrechender Funke, sondern man empfindet auch eine Erschütterung in den Gelenken beyder Arme. Einen ganz ähnlichen Erfolg hat es, wenn man das Glas nach dem Elektrisiren von der Maschine abnimmt, und dann beyde Ueberzüge zugleich berührt.

§. 1215. Dieser merkwürdige Versuch heißt der *Kleistische Versuch*, weil ihn von *Kleist* zuerst (1745.) anstellte; *Cunäus*, *Allemand* und *Muschenbroek* machten ihn ebenfalls (1746.) und daher heißt er auch der *Leidensche* oder der *Muschenbroeksche Versuch*. Sonst wird er wegen seiner Wirkung auch der *Erschütterungsversuch* genannt. Die dazu vorgerichtete Flasche heißt die *Leidner*, oder die *Kleistische*, oder die *Erschütterungsflasche*, am schicklichsten die *Verstärkungsflasche*; und die Elektricität, welche sie hat, die *verstärkte Elektricität*.

§. 1216. Anfangs nahm man dazu eine gläserne Flasche, die man etwa bis zur Hälfte mit Wasser füllte, und mit einem Kork verstopfte, durch welchen ein Metalldrath bis ins Wasser der Flasche ging. Man elektrisirte diesen Drath durch Mittheilung, während daß man die Flasche in der Hand hielt, oder in anderes Wasser etwa zur Hälfte einsetzte, in welches die Person, welche den Versuch anstellen wollte, einen Drath steckte. Nachher fand man, daß jede andere gut leitende Substanz die Stelle des Wassers in der Flasche vertreten könne, als Quecksilber, Eisenfeil, u. dergl.; und endlich sah man ein, daß dazu ein leitender Ueberzug der äußern und innern Fläche des Glases bis einige Zoll unter dem Rande desselben hinreichend sey, und alles leiste, und daß es auf die Figur des Glases nicht

ankomme, sondern daß auch eine Glastafel selbst dazu vorgerichtet werden könne.

Die elektrisirte Weinflasche.
Das elektrisirte Trinkwasser.

§. 1217. Dieser Ueberzug des Glases heißt die Belegung (Armatura), und das damit versehene Glas die belegte Flasche oder die belegte Glastafel. Man wählt zu diesen Belegungen dünne Metallblätter, die aber nicht durchlöchert seyn müssen, gewöhnlich Stanniol, den man mit Hausenblase oder Gummiwasser aufklebt. Man muß hervorragende Ränder so viel als möglich verhüten, und alles recht eben und glatt machen. Der Rand der Flasche oder der Glastafel muß allemal auf beyden Seiten, bey größern wenigstens mehrere Zolle, frey und unbelegt bleiben.

Eine vortheilhafte Methode, die Flaschen zu belegen, lehrt Bohnenberger: Beyträge zur theoret. u. pract. Electricitätslehre. St. IV. S. 151 ff.

§. 1218. Statt des Glases kann jeder andere nichtleitende Körper dienen, wenn er nur nicht zu dick ist, seine beyden gegen einander über liegenden Flächen mit leitender Materie belegt, und die Ränder dieser Belegung einander nicht zu nahe sind.

Wenn ein Leiter sich in dem Wirkungskreise eines andern Leiters befindet, so ist dieß allerdings als eine Belegung der Luftschicht dazwischen anzusehen.

§. 1219. Die eine Belegung der Flasche oder der Glastafel wird am besten durch Mittheilung elektrisirt. Die andere Belegung muß aber nicht isolirt, sondern mit andern leitenden Materien in Verbindung seyn; wenigstens muß sie im erstern Falle zu wiederholten Malen mit einer Substanz berührt werden, wenn die von ihr aufzunehmende Elektricität stark werden soll. Ist diese andere Belegung ganz isolirt, so wird die Flasche oder die Glastafel gar nicht geladen werden. Am schnellsten geschieht die Elektrisirung der Kleistschen Flasche dadurch, daß man die eine Belegung

mit dem isolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maschine in leitende Verbindung setzt.

§. 1220. Die Kleistische Flasche oder die Glastafel heißt in dem Zustande, daß sie die Erschütterungsfunken giebt, geladen (Vitrum oneratum); und ihre Entladung geschieht (exoneratur), wenn man die innere und äußere Belegung durch leitende Materie in Verbindung setzt. Wenn sich mehrere Personen zusammen anfassen, und die erste die äußere Belegung, oder eine daran befestigte Kette hält, die letzte aber die innere Belegung oder den damit verbundenen Leiter berührt, so bekommen sie alle die Erschütterung. Bey einer schwachen Ladung der Flasche, und wenn der Personen, die sich anfassen, sehr viele sind (oder der Erschütterungskreis sehr groß ist), und sie zumal auf feuchtem Boden stehen, empfinden aber auch oft nur wenige, die an den beyden Enden stehen, die Erschütterung.

Das Franklinsche Zaubergemälde, der Hochverrath, und die Verschwörung.
Die elektrische Thüre.

§. 1221. Die Geschwindigkeit der Elektricität bey dem Entladen der Flasche ist erstaunend groß, „aber doch beträchtlich geringer als die des Lichts, denn wir sehen z. B. Anfang und Ende des Blitzes und eines großen elektrischen Funken;" vergl. Helwig in Gilbert's Ann. B. LI. S. 137. Kr."

§. 1222. „Watson versuchte 1747. die Geschwindigkeit zu messen, mit welcher die beyden E einer geladenen Leidener Flasche sich zu 0 E ausgleichen. Er verband zu dem Ende die Belege mit Dräthen, die zusammen 4 engl. Meilen durch die feuchte Erde gelegt worden waren, und in einem zweyten Versuche mit solchen, die 2 engl. Meilen über und eben so lang durch die Themse geführt wurden, und vermochte in beyden Versuchen die Bewegungszeit der E nicht zu messen; indeß bezweifelt Singer (a. a. O. S. 93) die Genauigkeit des Versuchs. Kr."

§. 1223.

§. 1223. Wenn die leitende Substanz, durch welche r Erschütterungsfunke gehen soll, nicht ganz zusammen- ngend ist, sondern aus mehrern an einander stehenden, h nicht berührenden, leitenden Körpern besteht, so ent- hen zwischen dieser Unterbrechung Funken.

§. 1224. Wird die Flasche überladen, so entladet sich auch von selbst über den unbelegten Rand, und manch- al wird dadurch auch das Glas zerschmettert.

§. 1225. Die Stärke der Ladung hängt bey übrigens ichen Umständen von der Größe der Belegung ab. Die icke des Beleges trägt zur Stärke der Ladung nichts bey. onst ändern aber auch zufällige Umstände die Stärke der dung sehr ab: wie z. B. die mehr oder weniger isolirende genschaft des Glases, die von seiner größern oder gerin- en Dicke, von seiner Reinigkeit, und auch von seiner emperatur abhängt; mehrere oder mindere Trockenheit der ft, die Continuität der Belegungen, und ihre verschiede- glatte Oberfläche.

§. 1226. Es giebt zwar allerdings für eine Elektri- naschine von bestimmter Wirksamkeit ein gewisses Maxi- im der Dicke des Glases, wenn es nach der Belegung elektrischen Ladung fähig seyn soll; es ist aber auch ge- ß, daß zu dünnes Glas nicht diejenige Stärke der La- ng, ohne zerschmettert zu werden, aushält, die ein di- res Glas bey übrigens gleichen Umständen aushalten kann. ohnenberger hat sehr schätzbare Erfahrungen über die rtheilhafteste Dicke der Gläser und Höhe des unbelegten indes derselben mitgetheilt.

J. C. Bohnenberger über die Ladung des dicken Glases; in seinen Beyträgen zur theoretischen und praktischen Elektricitätslehre. Er- es Stück, Stuttg. 1793. S. 1 ff. Zweytes St. 1793. S. 11 ff.

„Nach den Beobachtungen anderer Naturforscher zerspringen star- ke Gläser durch Selbstentladung leichter, als dünne. Nach beyden Hypothesen kann ein dickeres Glas eine viel stärkere Ladung anneh- men, als dünnes; aber die Selbstentladung geschieht dann auch mit einer verhältnißmäßig viel größern Kraft. G."

§. 1227. Bey gleicher Leitungskraft nimmt übrigens der Erschütterungsfunke in der Entladung allemal den kürzesten Weg.

Der Auslader.

Cavallo a. a. O. S. 129.

Henly's allgemeiner Auslader.

Cavallo a. a. O. S. 127.

§. 1228. Der leitende Körper, durch welchen der Erschütterungsfunke oder der Schlag geht, wird nicht elektrisirt, wenn er auch isolirt ist.

„Aber Eisen, welches in der Richtung des magnetischen Meridians schwebend hängt oder ruhend liegt, wird durch den Erschütterungsfunken magnetisch. K."

§. 1229. Nach der ersten Entladung zeigt die Flasche noch einen geringen Erschütterungsfunken, wenn man beyde Belegungen zusammen berührt.

§. 1230. Wenn die geladene Flasche oder belegte Tafel vollkommen isolirt ist, so zeigt keine Belegung einzeln einen Funken, wenn man sie berühret. Bey einer trockenen Luft verliert sie auch in langer Zeit ihre Elektricität nicht. Sie behält sogar ihre Ladung, wenn man die dazu eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch isolirte Körper trennt, und zeigt sie wieder, wenn man diese oder andere wieder anbringt, und gehörig durch leitende Mittel in Vereinigung setzt. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann man zu wiederholten Malen aus der innern Belegung der geladenen Flasche Funken ziehen.

§. 1231. Wenn man einen gekrümmten und an beyden Enden zugespitzten Drath der innern und äußern Belegung zugleich entgegenhält, so wird die Kleistische geladene Flasche, oder die belegte Glastafel, ohne den Erschütterungsfunken entladen, und vielmehr mit einem zischenden Überströmen. Hat man die Flasche durch den Conductor der Glasmaschine geladen, so zeigt sich an der Spitze des Drathes, die der innern Belegung zugekehrt ist, ein leuchtender Stern, wie bey der positiven Elektricität (§. 1150),

an der der äußern Belegung zugekehrten Spitze aber ein Feuerbüschel, wie bey der negativen Elektricität.

„Richmann's Vorrichtung, um zu zeigen, wie das elektrische Gleichgewicht zweyer geladenen Belege sich herstellt, bey Biot a. a. O. B. II. S. 599. Kr."

§. 1232. Man findet ferner allemal, daß die äußere Belegung der geladenen Kleistschen Flasche die entgegengesetzte Elektricität der innern Belegung, oder daß sie die negative hat, wenn die innere die positive besitzt, und umgekehrt. Zwischen einem mit der äußern Belegung in leitende Verbindung gebrachten leitenden Körper und einem mit der innern Belegung verbundenen Leiter spielt ein leicht beweglicher isolirter leitender Körper hin und her, und entladet dadurch die Flasche allmälig.

Auf diese Art läutet ein elektrisches Glockenspiel eine beträchtliche Zeit lang.

§. 1233. Wenn man eine Kleistsche Flasche isolirt, und ihre äußere Belegung mit der innern Belegung einer andern, die nicht isolirt ist, in leitende Verbindung setzt, und dann ihre innere Belegung elektrisirt, so werden beyde Flaschen geladen, und zwar mit ähnlichen Elektricitäten. Auf diese Art kann man auch mehrere Flaschen durch einander laden. Allein man findet, daß jede folgende eine immer schwächere Ladung hat, als die vorhergehende.

§. 1234. Man kann endlich auch mehrere Flaschen, deren innere Belegungen unter einander in leitender Verbindung sind, so wie ihre äußern, durch den Conductor der Maschine laden, da denn natürlicherweise bey der Entladung aller dieser Flaschen auf einmal auch der Funke, das Geräusch und der Knall, mit welchem er hervorbricht, und die Kraft, die er äußert, um so beträchtlich größer werden, als die Größe der Belegung bey übrigens gleichen Umständen zunimmt. Die auf diese Art verbundenen Flaschen machen die sogenannte elektrische Batterie aus.

Eine vortheilhafte Einrichtung, die Flaschen einer elektrischen Batterie so mit einander zu verbinden, daß nicht nur ihre Behandlung sehr

bequem, sondern auch dem Ausströmen der elektrischen Materie möglichst begegnet ist, beschreibt Bohnenberger; dessen Beyträge zur theoret. und pract. Electricitätsl. St. I. S. 69 ff.

§. 1235. Zu den auffallendsten Wirkungen der verstärkten Elektricität belegter Flaschen gehört:

1) Die Entzündung einiger entzündlicher Substanzen, wie des Hydrogengas, des Alcohols, des Aethers, des Colophoniums, der Baumwolle, des Schießpulvers.

2) Das Schmelzen dünner Metalldräthe.

3) Die Tödtung kleiner Thiere, und die Vernichtung aller Reizfähigkeit in den Theilen, durch welche der hinlänglich starke Funke geht.

4) Die Durchbohrung mehrerer Kartenblätter, mehrerer Bogen Papier, der Eyer, der Glasscheiben.

5) „Die nicht zündende Durchlöcherung des Zündschwammes durch den stärksten Funken, und die Anzündung desselben am inneren Beleg einer geladenen Flasche, wenn er zuvor durch spitzauslaufende Zusammendrehung hinreichend gesteift worden ist, um als Spitze das +E einzusaugen und dadurch in seiner Anziehung zum Sauerstoffe der Luft hinreichend verstärkt worden zu seyn.

6) Einbrennen der Metalle in Glas, Porzellan und Gyps (Elektrische Metallzeichnungen auf Gyps).

7) Verbrennung der Metalle durch Elektrisirung in Sauerstoffhaltiger Luft, und Zersetzung der Oxyde (Reduction) durch heftigen Entladungsschlag. Kr."

§. 1236. „Sowohl die chemischen Wirkungen des verstärkten wie des einfachen elektrischen Funkens auf Chemischwirksame, scheinen unter andern auch darauf hinzudeuten, daß die verschiedenen Stoffe und deren Gemische, ihren chemischen Eigenwerthen entsprechende Capacitäten für die Elektricitäten haben, oder verschiedene Vermögen besitzen, das eine oder das andere E zu binden. Da nun nur geleitet werden kann, was nicht gebunden wird, so folgt, daß die Capacität für die Elektricität im umgekehrten

Verhältniß der Leitung steht; ein Gesetz, welches sowohl die elektrischen Zersetzungen chemischer Gemische, als auch die Phänomene der Schmelzung, und der ihr häufig entgegenstehenden Erglühung nicht zersetzter einfacher Stoffe durch die Elektricität erläutert; vergl. §. 1183. bis 1186. Kr."

„Vergl. m. Syst. d. Chemie. Halle 1819. S. 117. Kr."

§. 1237. Alle diese bisher vorgetragenen Wirkungen und Erscheinungen der Kleistischen Flasche, ihre Ladung und Entladung, lassen sich aus den oben (§. 1188. 1191. 1196.) angeführten Gesetzen der Elektricität, und aus dem Satze, daß dünne Nichtleiter die Vertheilung der Elektricität nicht, wohl aber ihre Mittheilung und ihren Uebergang aufhalten (§. 1198.), leicht erklären. Wird nehmlich die innere Belegung durch Mittheilung positiv elektrisirt, so bewirkt die darin angehäufte elektrische Materie, vermittelst ihrer Repulsionskraft, eine elektrische Atmosphäre im Glase, das deßhalb nicht zu dick seyn darf, und die natürliche elektrische Materie der äußern Belegung wird abgestoßen. Ist diese äußere Belegung isolirt, so kann das daraus abgestoßene elektrische Fluidum nicht abgeführt werden; es wirkt also durch seine eigene Repulsionskraft auf das der innern Belegung zugeführte elektrische Fluidum zurück, verhindert dessen Anhäufung daselbst, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 1220.). Jetzt erhellet auch, warum man während des Ladens der isolirten Flasche einen Funken erhält, wenn man die äußere Belegung mit einem Leiter berührt, und warum so durch öfteres Berühren derselben die Flasche geladen werden kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann ihre abgestoßene natürliche elektrische Materie abgeführt, es kann folglich die der innern Belegung zugeführte daselbst angehäuft, und die Flasche kann geladen werden. So viel elektrische Materie der innern Belegung zugeführt wird, so viel wird dadurch aus der äußern Belegung abgestoßen. So viel also die innere Belegung einen Ueberschuß an elektrischer Materie empfängt, so viel erlei-

der die äußere daran Verlust. Es folgt hieraus: daß die äußere Belegung negativ elektrisirt seyn muß, während die innere es positiv ist, wie auch die Erfahrung lehrt (§. 1232.); daß man eine Flasche durch die andere zugleich laden könne (§. 1233.); und daß nach der Ladung die Quantität des elektrischen Fluidums in beyden Belegungen, wenn diese anders gleichen leitenden Flächenraum haben, nicht größer oder kleiner ist, als vor der Ladung (?), welches keinesweges der Fall ist, wenn die geladene Flasche mit ihrer innern Belegung noch mit dem Conductor der Maschine in leitender Verbindung ist.

§. 1238. Wird die innere Belegung der Flasche negativ elektrisirt, so wird ihr von ihrer natürlichen elektrischen Materie entzogen. Die natürliche elektrische Materie der äußern Belegung strebt dann diesen Mangel zu ersetzen, und die äußere Belegung zieht also von den berührenden Leitern so viel elektrische Materie an, als die innere Belegung davon verliert. Die äußere Belegung wird also in diesem Falle positiv elektrisirt, und die abstoßende Kraft dieser daselbst angehäuften elektrischen Materie verstattet die Entziehung derselben von der innern Belegung. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann die Flasche nicht geladen werden, weil die jetzt verstärkte Anziehung der Materie der äußern Belegung zum elektrischen Fluidum die Entziehung desselben von der innern Belegung hindert.

§. 1239. Man sieht also, daß nach der Franklinschen Hypothese in der Erklärung der Ladung der Flasche alles, wie bey der Erklärung der elektrischen Wirkungskreise und ihres Gesetzes (§. 1204 f.), auf abstoßende und anziehende Kraft zurückgebracht werden kann.

§. 1240. Die auf die eine oder andere Art geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegungen keine Elektricität, weil die anziehende Kraft der negativen Belegung zu der auf der positiven Belegung angehäuften elektrischen Materie schon

durch diese ins Gleichgewicht gebracht ist, und deshalb aus dem berührenden Leiter keine elektrische Materie weiter anzieht; die elektrische Materie auf der positiven Belegung durch diese Anziehung der negativen Belegung in ihrer abstoßenden Kraft ebenfalls ins Gleichgebracht gebracht ist, und sich also keinem berührenden Leiter weiter mittheilen kann*). Bringt man aber beyde Belegungen in leitende Verbindung, so geht der Ueberschuß der elektrischen Materie der positiven Seite auf die negative Seite gänzlich über, und der natürliche elektrische Zustand beyder Beleginngen wird wieder hergestellt. Muß der elektrische Strom hierbey die Luft durchbrechen, oder durch einen Nichtleiter gehen, der ihm nicht Widerstand genug entgegensetzen kann, oder kann der Leiter den ganzen Strom nicht fassen; so entsteht Explosion. Zugleich erhellet hieraus, warum der Durchgang des elektrischen Stroms durch den isolirten ausladenden Leiter diesen nicht elektrisirt (§. 1228).

*) „Dieß ist nicht genau der Erfahrung gemäß; denn wenn man bloß der innern Belegung einen Leiter nähert, so erhält er kleine schnell auf einander folgende stechende Funken, durch welche sich die Flasche langsam entladet. Die äußere Belegung allein zeigt keine Elektricität, wenn sie in leitender Verbindung mit dem Boden steht. Isolirt man sie, so zeigt sie allerdings bey der Annäherung eines Leiters Spuren von Elektricität. J."

§. 1241. Nach der dualistischen Hypothese läßt sich die Erklärung der Ladung und Entladung der belegten Flasche und der begleitenden Phänomene ebenfalls leicht geben. Wird nehmlich die innere Belegung durch Mittheilung elektrisirt, z. B. +E, so stößt die dem Glase zugeführte Elektricität die gleichnamige der äußern Belegung ab, und bindet die ungleichnamige oder das —E. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann sie ihr abgestoßenes +E nicht fahren lassen, und ihr —E wird nicht frey: folglich kann auch die innere Belegung kein +E erhalten, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 1220.). Berührt man aber die äußere isolirte Belegung, während daß der innern +E zugeführt wird, mit dem Finger, so erhält man einen Funken, indem nun das abgestoßene +E sich mit —E aus dem

Finger sättigen kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann dieses +E stets abgeführt und die Flasche völlig geladen werden. Die geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegung keine Funken, weil das +E der einen Seite durch das Glas hindurch hindert, daß das —E der andern Seite sich nicht mit neuem +E aus dem berührenden Leiter sättigen kann, und auch das —E der einen Seite nicht zuläßt, daß das +E der andern Seite frisches —E sättige. Bringt man aber beyde Belegungen in Verbindung, so fällt diese Ursach weg, und beyde entgegengesetzte Elektricitäten sättigen sich nun durch wirklichen Uebergang, da sie sich vorher nur banden, und es entsteht der Erschütterungsfunke. Zugleich erhellet aber auch hieraus, warum dieser dem isolirten Leiter, durch welchen er geht, keine Elektricität ertheilt (§. 1228.). Eben so läßt sich auch daraus einsehen, warum man nach §. 1233. eine Flasche durch die Belegung einer andern elektrisiren kann.

§. 1242. Die Elektricitäten haften eben so gut in der Fläche des Glases selbst, wie auf der Belegung: daher zeigt auch das Glas, von der isolirten Belegung durch isolirende Körper getrennt, und mit neuer Belegung versehen, noch Ladung (§. 1230.), und giebt aus eben diesem Grunde nach der ersten Entladung noch einen zweyten schwächern Erschütterungsfunken (§. 1229.)

„Ich betrachte beyde Hypothesen bloß als Hülfsmittel, die Gesetze der Elektricität an ein anschauliches Bild zu heften; und bloß in dieser Rücksicht ziehe ich die Symmersche Vorstellungsart vor, da sie mir besonders die Erscheinungen der Verstärkungsflasche faßlicher und weniger willkürlich zu erklären scheint. Man vergleiche, was ich in meinem Lehrbuche der mech. Naturl. Kap. 54. besonders §. 10. hierüber gesagt habe. G.“

„Einer der Haupteinwürfe gegen Franklins Hypothese: daß dem Mangel an Elektricität positives Wirken zugeschrieben werde (indem sich negativ elektrische Körper so gut abstoßen, wie positiv elektrisirte) begegnet man auch dann nur gezwungen, wenn man annimmt, daß die —E haltigen Körper die zwischen ihnen befindliche Luft mit +E erfüllen machen (indem sie dieser Luft Elektricität zu entziehen streben) und daß die dadurch entstandenen elektrischen Atmosphären die Abstoßung zu Stande brächten. Schon Wilke sagt in seinen Anmerkungen zu Franklin's Briefen von der Elektricität (Leipzig 1758. 8.

S. 270 ff.) daß, wenn's nur aufs Erklären der Abstoßung negativ elektrischer Körper ankäme, man nur annehmen dürfe: es gebe überhaupt zweyerley Materie, die elektrische und die gemeine (raumerfüllende) der Körper, welche beyde einander anziehen, während die Theile jeder einzelnen sich gegenseitig abstoßen, so daß die eine das Bindende der Theile der anderen und umgekehrt ist (und daß mithin auch die Schwere das Phänomen der Gegenwirkung der elektrischen und der gemeinen Materie wäre, und ohne Elektricität die Erde so gut aus einander stieben würde, als die Elektricität ohne irdischen Stoff sich flieht). In den positiv-elektrischen Körpern bestimme die Elektricität, in den negativen die gemeine Materie zur Abstoßung 2c., und so gut Franklin die Elektricität sich abstoßen lasse, könne man dergleichen Wirkung auch zwischen den Theilchen der gemeinen Materie annehmen, deren Anziehung zur Elektricität Franklin ja überdem annehme. Wilke selber lenkt aber wieder ein, indem er weiter unten a. a. O. (S. 507.) zugiebt, daß ein in die positive elektrische Atmosphäre getauchter Körper, negativ werde, weil die positive Atmosphäre die natürliche Menge der elektrischen Materie des eingetauchten Körpers zurücktreibe (ohne selber nachzudringen?) und daß umgekehrt ein in die negative Atmosphäre getauchter Körper „positiv" werde, weil die Elektricität des eingetauchten Körpers aus ihm heraustrete, um in die negative Atmosphäre überzugehen, und mithin dieser Atmosphäre gegenüber angesammelt, d. i. positiv erscheine. Im ersteren Fall werde mithin das Innere des eingetauchten Körpers positiv, während seine Außenfläche negativ erscheine, im letzteren Falle umgekehrt, das Innere negativ, während die Elektricität aus dem Inneren nach Außen zu ströme, und so wirke die Natur in beyden Fällen nach jenem Gesetze, welches man die **Vertheilung** der Elektricität nenne. Wilke führt zur Erläuterung folgenden Versuch an, den wir hier aufzunehmen für nöthig erachten, bevor wir in unserer Betrachtung weiter gehen. Kr."

§. 1243. Man setze einen Conductor aus zwey von einander trennbaren Stücken: A und B zusammen, bringe beyde unter sich in Berührung, und halte eine zuvor durch Reiben positiv elektrisch gemachte Glasröhre über das Stück A, ziehe dann, sobald dieses geschehen, B zurück (jedoch ohne dabey B mit Ableitern zu berühren) so wird A negativ, B hingegen positiv seyn (und wenn man statt der geriebenen Glasröhre zuvor über A geriebenen Schwefel gehalten hatte, so wird A positiv, und dagegen B negativ erscheinen) d. h. es werden A und B durch **Vertheilung** entgegengesetzt elektrisirt worden seyn. Kr."

„Obige Erklärung des vorstehenden Versuchs setzt nun aber in der That etwas voraus, was nicht erfolgen kann: es soll nehmlich: erstens die Elektricität der Glasröhre aus A das E nach B treiben, ohne selber dadurch in die Elektricitätsleer gewordenen Stellen von A nachzudringen; ist aber eine solche Vertreibung nur denkbar, indem

die Glaselektricität in A nachbringt, so ist begreiflicher Weise zwar ein Vermehren des E in B aber kein Vermindern desselben in A, sondern nur in der Atmosphäre des Glases möglich, und A und Glas müssen nach dem Auseinandernehmen von A und B gleich viel, und jedes derselben muß halb so viel Elektricität haben, als B zeigt. Im zweyten Fall, kann man die Frage aufwerfen (ohne sie nach Franklin genügend zu beantworten) was denn die Elektricität in E bestimme, nach A überzugehen, da ja die Anziehung der gewichtigen Theile in B zur Elektricität eben so groß sey, als die der Theile in A, und da der negative Schwefel keine größere Anziehung bieten könne, als in B von Seiten der gewichtigen Materie ununterbrochen wirksam zu seyn nicht aufhöre? Setzt man nun aber gar für den ersten Fall, daß die Glasröhre, während sie in A und B die Vertheilung veranlasse, ihre ganze Elektricitätsmenge unverkürzt behielte (z. B. wenn zwischen A und der Glasröhre ein sehr dünner aber vollkommener Isolator gebracht worden sey, während die Röhre anderweitig überall von vollkommenen Isolatoren umgeben wäre), so ist in Wahrheit auf dem Wege, wie Wilke angiebt, die Vertheilung unmöglich, und um sie bey Annahme nur eines E zu erklären, würde man genöthigt seyn, die ganze Franklinsche Vorstellung über die Natur und den Unterschied beyder Elektricitäten abzuändern; vielleicht würde den Unitariern in solchem Falle folgender Vorschlag nicht verwerflich scheinen. Man nehme an, positives und negatives E seyen nicht dieses, d. h. ständen einander nicht entgegen wie positive und negative Größen, sondern wie ein und dasselbe Wesen in zweyerley verschiedenenen Zuständen der Bewegung, welches unbewegt im —E existire, die Bewegungen seyen aber jene, welche beym Stoße (und Drucke) der elastischen Körper vorkommen, oder vielmehr solchen am meisten nahe kommend; —E sey erschüttertes E, +E hingegen fortbewegtes E. Bey der Vertheilung würde hiernach das E in A (des obigen ersten Falles) sich verhalten, wie die mittleren zu einer Reihe gehörenden elastischen Kugeln, deren letzte Kugel z. B. abprallt, wenn die erste der Reihe eine bewegte Kugel mit einer gewissen Geschwindigkeit stößt. Das Uebergehen gewisser Körper (z. B. des erhitzten und hierauf abgekühlt werdenden Turmalins) von der positiven zur negativen Ladung, wäre hiernach einigermaaßen vergleichbar dem Verwechseln der Geschwindigkeiten zwischen einer ruhenden und einer auf dieselbe stoßenden elastischen Kugel, und dasselbe fände statt zwischen zwey stark bewegten (gegen einander fortbewegten) als auch zwischen zwey sehr schwach bewegten (gegen einander drückenden) elastischen Elektricitätstheilchen — bey der Repulsion der gleichnamig geladenen (entweder nur positiven oder nur negativen) Körper. — Es ließe sich diese Hypothese mit wenig Scharfsinn zur Erklärung der meisten elektrischen Erscheinungen anwenden (wie sie denn namentlich die Elektricitätserregung durch Reiben sehr einfach erklärt), und sie würde außerdem ein Mittel darbieten, die Gesetze des elektrischen Wirkens an die der mechanischen Kräfte der Körper anzuknüpfen, indeß würden für sie (wie für die ursprünglich Franklinsche Ansicht) die chemischen Wirkungen der Elektricität (zum Theil auch das Entströmen des einen wie des andern E. aus Spitzen; weniger Erman's unipolare Leitungen — §. 1111. — und das Bewegen des sogen. elektrischen Flugrades durch —E) nothwendig zu sehr gekünstelten Annahmen führen, wenn man sie nicht dahin

abänderte, daß man dem — E neben geringerer Geschwindigkeit weniger Menge des elektrischen Stoffes, dem + E dagegen neben größerer Geschwindigkeit auch mehr Stoff (wenn die Elektricität gewichtig wäre, würde man Masse sagen können) zuschriebe, und mithin beyde E als ein und dieselbe bewegte Materie betrachtete, deren Bewegungsgröße (als die Producte der Masse in die Geschwindigkeiten) aber verschieden seyen. Dann würden folgende Einwürfe leicht zu beseitigen seyn, die man der rein dualistischen Ansicht gemacht hat: Gesetzt es seyen + E und — E einander entgegengesetzte, verschiedenartige Wesen, so ist nicht wohl einzusehen, wie ein oder das andere freye E die neutrale Verbindung beyder E im o E zersetzen soll, da z. B. das freye + E, welches angeblich dem o E — E entzieht, um eben so viel + E daraus frey zu machen, als es selber betragen hat, doch dem von ihm angezogenen — E des o E nicht größere Anziehung zu bieten vermag, als dieses vor der Zersetzung von seinem eigenen + E bereits erlitt? Früher hatte ich — in meiner Experimentalphysik B. II. S. 841 — gelegentlich bey der Vertheidigung meiner daselbst ausgesprochenen Nichtannahme eines Lichtstoffes denselben Einwurf gemacht, indem ich behauptete, daß Licht haltiges durchsichtiges Medium nicht durch zukommendes Licht, zur Ausscheidung seines Lichtgehalts gebracht werden könne; indeß giebt es doch in der Chemie — aus der dieser Einwurf entlehnt war — wenn nicht gleiche, doch ähnliche Fälle der Zersetzung, z. B. die Zersetzung des wäßrigen salpetersauren Wismuthoxyds, oder des wäßrigen salpetersauren Stibiumoxyds durch Wasser). Ferner, wie es komme, daß zwey hinsichtlich ihrer Ausdehnsamkeit und ihrer mechanischen Wirkungen einander so ähnliche Wesen, wie — E und + E, doch in chemischer Hinsicht so sehr von einander abweichende Eigenschaften zeigen? Und wie man es erklären wolle, daß zwey höchst expansible Wesen, wenn sie sich zu o E einen, diese, auf ein Maximum von Gegenziehung deutende Einung bewirken, ohne daß dabey nicht jedesmal die stärksten Expansionsäußerungen z. B. viele Wärme frey werde? xc. (Obige Hypothese der einen, in dem + E und — E nur rücksichtlich der Bewegungsgrößen verschiedenen, elastischen Elektricität, habe ich — mit anderen Worten — schon vor mehreren Jahren in meinen Schriften (Grundriß der Chemie, Beyträge und Experimentalphysik) zur Prüfung vorgelegt, aber bis jetzt ist mein Wunsch noch unerfüllt geblieben, daß man sie auf dem Wege des Experiments der verbesserten Entwickelung werth halten oder verwerfen und in beyden Fällen durch Versuche entscheiden und so zur Theorie der elektrischen Erscheinungen den Weg ebenen möge. — Daß übrigens die Phänomene der elektrischen Abstoßung als Folgen besonderer Anziehungen wohl naturgemäßer zu betrachten seyen, versuchte ich in meiner Experimentalphysik, Einleit. §. 55. u. Cap. IV. und V. anzudeuten; vielleicht gewinnt diese Andeutung an Klarheit durch folgende Darstellung: Nehmen wir an, daß zwischen zwey einander gegenüber befindlichen mit + E Beladenen eine gewisse Menge o E gegeben sey, so wird die Anziehung, welche jedes der Beladenen zu dem — E dieses zwischen liegenden o E ausübt, nur halb so groß seyn können, als diejenige ist, welche es nach der abgewendeten Seite gegen dort ebenfalls befindliches o E zu üben vermag, es werden daher beyde Beladenen in ihrer Gegenrichtung halb so stark gezogen werden, als dieses in den Richtungen ihrer abgewendeten Seiten

der Fall ist, und mithin diesen letzteren als den überwiegenden Zieh-gewalten zueilen, d. i. sich von einander entfernen. Könnte man bewirken, daß sich nur zwischen den Beladenen o E haltige Substanz, hinter jedem derselben hingegen kein o E vorfände, so müßte hiernach alle Abstoßung aufhören, und sich in Anziehung der gleichnamig Geladenen verwandeln. — Zum Theil würden sich dann — Falls vorstehende Ansicht die richtigere wäre — folgende noch näher zu prüfende Phänomene, ziemlich ungezwungen erklären lassen. Kr."

§. 1244. Dessaignes Versuchen zu Folge, ändern sich die elektrischen Erscheinungen in einer eingeschlossenen und vollkommen trockenen Luft, bey deren Verdünnung und Verdichtung nicht nur nach den verschiedenen Temperaturen, sondern auch nach dem verschiedenen Grade der elektrischen Thätigkeit (der natürlichen elektrischen Spannung) der äußern Atmosphäre sehr beträchtlich. Kr."

„Gilbert's Ann. B. XLVIII. S. 40. Kr."

§. 1245. Bey starker elektrischer Spannung der äußern Luft, kann die Verdünnung der in einen Recipienten der Luftpumpe eingeschlossenen Luft weiter getrieben werden, ehe die elektrischen Erscheinungen völlig verschwinden (und beym Wiederhinzufließen der äußern Luft zur Innenluft des Recipienten erhalten sie ihre anfängliche Stärke schneller wieder) als bey schwacher elektrischer Spannung der Atmosphäre. Kr."

§. 1246. „Wurde die Luft im Recipienten bey starker elektrischer Spannung verdichtet, so nahm die Intensität der Elektricität des eingeschlossenen Elektrometers anfänglich zu; als hingegen die Luftverdichtung bis zur Hälfte stieg, fieng sie im Verhältniß zunehmender Dichte an abzunehmen, bis sie endlich ganz aufhörte. Wurde die eingeschlossene Luft wieder verdünnt, so nahm die Intensität des Elektrometers wieder zu, und zwar mehr, als sie bey der anfänglichen Compression an Intensität gewonnen hatte. Das Hygrometer stand bey der stärksten Luftverdichtung auf 58°; und da bey einem Stande von 85° die elektrischen Erscheinungen noch statt fanden, so konnte beym

Luftverdichten eintretende Feuchtigkeitsanhäufung das Aufhören jener Erscheinungen nicht veranlassen. Kr."

§. 1247. „Bey schwacher elektrischer Spannung der Atmosphäre, nahm die Stärke der elektrischen Erscheinungen bey beginnender Luftverdichtung nicht zu, sondern vielmehr schon bey $\frac{1}{8}$ Verdichtung ab, und verschwand ganz, als die Verdichtung über $\frac{1}{3}$ stieg. Beym Wiederherauslassen der conprimirten Luft, wurden die elektrischen Erscheinungen wieder merklich stark, nahmen aber mit fortschreitender Verdünnung außerordentlich ab. Kr."

§. 1248. „An Tagen starker elektrischer Spannung war die Intensität in kohlensaurem Gase größer, als im Sauerstoffgase, in diesem wieder größer als im Stickgase und Wasserstoffgase, erlischt aber demohngeachtet eher beym Verdünnen und Verdichten in den dichteren Gasen, als im Wasserstoffgas. Umgekehrt schienen die elektrischen Erscheinungen bey schwacher elektrischer Atmosphärenspannung im Stickgase und Wasserstoffgase von größerer Innigkeit und stärker zu seyn, als im Sauerstoffgase und kohlensaurem Gase, und beym Verdichten und Verdünnen schwand in diesem Falle die elektrische Wirkungsstärke in den specifisch schwereren Gasen eher, als in den leichteren. Kr."

§. 1249. Hinsichtlich des elektrischen Lichtes bemerkte Dessaignes, daß, so lange wie der Cylinder der Elektrisirmaschine beym Umdrehen die Kügelchen des Elektrometers in der verdünnten Luft auseinander treibt, sich an der empfangenden Drathspitze desselben ein leuchtender Punkt zeigt, das Reibzeug aber nicht leuchtet, einige Büschel ausgenommen, welche stellenweise daraus hervorbrechen. Sobald die Kugeln nicht mehr divergiren, hört auch die Drathspitze zu leuchten auf, und aus dem Reibzeuge kommen keine Büschel mehr, sondern es zeigt sich statt derselben ein, zwischen dem Kissen und dem Cylinder beschränkter, bleibender Schein, welcher glänzt, so lange man den Cylinder dreht, und der an Tagen starker Spannung we-

niger lebhaft und stark erschien, als an Tagen schwacher elektrischer Spannung. Wurde die Luft verdichtet, so leuchtet während der ersten Grade der Verdichtung die Spitze des Elektrometerdrathes noch stärker, und dem Reibzeuge entströmen lebhaftere und mehr Blitze; bey zunehmender Verdichtung hingegen, nimmt die Intensität dieser Erscheinungen wieder ab, und sie hören endlich ganz auf, wenn der Cylinder beym Drehen nicht mehr auf das Elektrometer wirkt; auch schwindet dann der (bey der Verdünnung bleibende) Schein, zwischen dem Reibzeug und dem Cylinder. Läßt man nach beendeter Verdichtung die Luft wieder aus, oder nach der Verdünnung dieselbe wieder zuströmen, so beginnt, mit dem Divergiren der Elektrometerkugeln, die Spitze auch wieder zu leuchten. Kr."

§. 1250. „Dessaignes folgert aus diesen Versuchen 1) daß die elektrische Kraft im luftverdünnten und im luftverdichteten Raume gleichmäßig erlischt, und 2) daß die elektrische Spannung größer werden kann, eben so sehr durch Zunehmen, als durch Abnehmen des Luftdrucks. K."

„Die größere Intensität der Elektricität des Elektrometers bey größerer elektrischer Spannung der Atmosphäre, scheint zunächst nur durch die Elektricität der äußeren Luft vermittelt zu werden: die atmosphärische Elektricität wirkt hier (wie die des innern Belegs der Leidner Flasche) durch das Glas des Recipienten erregend (vertheilend) auf das Elektrometer und bewirkt so Beysammenbleiben oder Anhäufen der den Kugeln zugekommenen Elektricitätsmengen. Bey zu großer Compression bildet die verdichtete Luft sammt dem Glase einen so dicken Isolator, daß jene vertheilende Wirkung der atmosphärischen Elektricität durch denselben auf gleiche Weise geschwächt wird, wie bey der Leidner Flasche, wenn deren Glas unverhältnißmäßig dick ist. — Das Leuchten zwischen Reibzeug und Cylinder ist dem Phosphoresciren durch Elektricität ähnlich, welches eintritt, wenn die elektrische Flüssigkeit nicht fortgeleitet, sondern nur — an der Oberfläche haftend — erschüttert wird; vergl. m. System d. Chem. 1. Abth. Elektrisches Weißlicht. Aehnliche Lichtscheine zeigen sich im elektrischen Funken beym Durchschlagen desselben durch Isolatoren, besonders durch Luft; Biot a. a. O. B. II. S. 465. Zum Theil gehört hierher auch das Leuchten der Funkenstreifen im luftverdünnten Raume (in der Leere treten diese Streifen wieder zu Funken zusammen; Hildebrandt in Schweigger's Journ. B. I. S. 257), das Leuchten des Merkurs in der Barometerröhre (*J. Bernoulli* opp. II. p. 112.); Franklin's Röhren und sogen. Blitz-

schlangen; Meineke's Vorschlag, die Elektricität der Röhren zum Beleuchten rc. anzuwenden, Hallesche Allg. Liter. Z. 1819. S. 1121. Kr."

§. 1251. „Hildebrandt's Versuchen zu Folge geben so wohl die mit +E als auch die mit —E beladenen Kugeln oder Spitzen, bey verdünnter Luft Licht von verschiedener Art, und das des +E erstreckt sich, unter übrigens gleichen Umständen, in weitere Fernen, als das des —E. Außerdem üben die Verschiedenheiten der Spitzenoberflächen und der Beschaffenheiten der leitenden Metalle, einen mehr oder weniger merklichen Einfluß auf die Farbe des ausströmenden elektrischen Lichtes; Schweigger's Journ. B. I. S. 237. und B. XI. S. 437. Kr."

§. 1252. „Frauenhofer's Beobachtungen gemäß ist das Licht der Elektricität, hinsichtlich der Streifen und Linien des damit zu Stande gebrachten prismatischen Farbenbildes, sowohl vom Sonnenlichte, als vom Feuerlichte sehr auffallend verschieden. Es zeigt nemlich mehrere sehr helle Linien, von denen eine im Grünen gegen den übrigen Theil des Spectrums fast glänzend hell ist. Eine andere minder glänzende zeigt sich im Orange, und eine noch weniger helle gegen Ende des Farbenbildes im Roth; vergl. Gilbert's Annal. B. LIV. S. 264 und Schweigger's Journ. B. XVII. S. 135. Kr."

Der Elektrophor.

§. 1253. Wenn man einen dünnen, glatten und trockenen Harzkuchen, der in einer metallenen Schüssel liegt, mit einem Katzenfelle reibt, und dann ein rundes Bret, das mit Stanniol überzogen, und im Durchmesser kleiner ist, als der Kuchen, vermittelst seidener Schnüre auf den geriebenen Kuchen setzt, und dasselbe mit dem Finger berührt, so entsteht ein kleiner Funke; und hebt man dann den Kuchen an den seidenen Schnüren wieder isolirt in die Höhe, und berührt ihn hier wieder, so erhält man wieder

einen Funken: und dieß kann man sehr lange Zeit immer wiederholen.

§. 1254. Diese Vorrichtung heißt ein **Elektrophor** oder **beständiger Elektricitätsträger** (Electrophorus perpetuus), den **Volta** zuerst 1775 bekannt machte, **Wilke** aber schon 1762 unter einer etwas andern Gestalt erfunden hat. Die wesentlichen Theile des Elektrophors sind: 1) der **Kuchen**; 2) die **Form**, oder der **Teller**, oder die **Schüssel**; 3) der **Deckel**. Die beyden erstern zusammen heißen auch die **Basis**.

Volta. in der *Scelta di opuscoli interessanti*, T. IX. S. 91 und T. X. S. 57. Lettre de Mr. *Alex- Volta* sur l'électrophore perpétuel de son invention, in *Rozier observations sur la phys.* T. VII. S. 21 ff.

Wilke von den entgegengesetzten Elektricitäten; in den schwed. Abh. B. XXIII. S. 271 ff.

Ingenhouß Anfangsgründe der Elektricität, hauptsächlich in Beziehung auf den Electrophor; in seinen vermischten Schriften, B. I. S. 1 ff.

§. 1255. Der **Kuchen** des Elektrophors kann eine jede nicht-leitende Platte seyn, z. B. Glas, Pech, Siegellack, worin die Elektricität durch Reiben mit schicklichen Materien ursprünglich erregt werden kann; nur muß sie nicht zu dick seyn. Am gewöhnlichsten nimmt man dazu harzige Materien, und das gemeine weiße oder schwarze Pech oder Colophonium dient recht gut, wenn man es durch etwas zugesetzten Terpenthin in der Sprödigkeit vermindert hat.

§. 1256. Man gießt das gleichförmig geflossene Harz in die Form, die aus einer leitenden Masse bestehen muß, und aus einer runden, entweder metallenen, z. B. messingenen, oder auch hölzernen mit Stanniol auf beyden Seiten gehörig belegten Scheibe mit einem aufwärts gebogenen, inwendig etwa $2\frac{1}{2}$ Linien hohen Rande gemacht wird. Der Rand und die Ecken des Tellers müssen wohl abgerundet seyn. Man gießt so viel geschmolzenes Harz hinein, daß es mit dem Rande gleich hoch steht, dieser aber doch unbedeckt

bedeckt bleibt. Die Oberfläche des Kuchens muß vollkommen glatt, ohne Blasen und Risse, und ohne Vermengung mit leitenden Materien seyn, und seine untere Fläche muß die obere leitende Fläche der Form oder des Tellers allenthalben genau berühren.

§. 1257. Der Deckel, den man auch wohl wegen der Gestalt, die ihm einige gaben, die Trommel, sonst aber auch den Conductor nennt, muß 1) aus einer stark leitenden Substanz bestehen. Man nimmt dazu entweder eine zinnerne, oder auch eine hölzerne, gehörig abgerundete, und mit Stanniol ganz glatt überlegte, runde Scheibe, deren Durchmesser nach der Größe des Kuchens mehrere Zolle kleiner ist, als der des Kuchens. Um ihn 2) isolirt auf den Kuchen setzen oder davon abnehmen zu können, dienen seidene Schnüre von hinreichender Länge, die man an seinem Rande oder in der Fläche selbst befestigt hat, oder auch ein in desselben Mitte angekitteter gläserner Handgriff.

§. 1258. Man erregt die Elektricität des Kuchens am besten, wenn man ihn erst etwas weniges erwärmt, und dann mit einem trockenen warmen Katzenfelle oder Fuchsschwanze peitscht; und zwar wird diese Elektricität am größesten, wenn die Form nicht isolirt ist. Wenn sie also auf einem mit Wachstuch beschlagenen, oder sonst nicht gut leitenden Tische steht, so muß man noch eine metallene Kette vom Rande der Form herabhängen lassen.

§. 1259. 1) Wenn man den Deckel auf den geriebenen Harzkuchen vermittelst der seidenen Schnüre aufsetzt, und dann mit dem Finger berührt, so erhält man einen kleinen Funken.

§. 1260. 2) Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung stehendes Elektrometer zeigt Elektricität, wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen setzt, und hat negative Elektricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die gleichnamige des Kuchens.

§. 1261. 3) Nach dem Berühren des isolirt aufgesetzten Deckels mit dem Finger zeigt das Elektrometer keine Elektricität an, und es ist nach dem Ausbruche des Funkens keine Elektricität im Deckel weiter zu spüren.

§. 1262. 4) Hebt man den Deckel unberührt und isolirt wieder in die Höhe, so zeigt das Elektrometer keine Elektricität darin weiter an, wenn der Deckel gehörig weit vom Kuchen entfernt wird, und giebt keinen Funken bey der Berührung mit dem Finger, den er auf dem Kuchen liegend sogleich giebt.

§. 1263. 5) Berührt man mit dem einen Finger die nicht-isolirte Form des Kuchens, und mit dem andern den isolirt darauf gelegten Deckel, so erhält man einen Erschütterungsfunken, und dann ist alles wieder todt.

§. 1264. 6) Wenn man aber den Deckel, der nach dem Berühren auf dem Kuchen keine Elektricität weiter zeigt, an den seidenen Schnüren in die Höhe zieht, so zeigt das Elektrometer gleich wieder Elektricität. Man erhält beym abermaligen Berühren in der Höhe einen stechenden Funken, und zwar stärker, wenn man den Deckel vorher nach §. 1263. als wenn man ihn nach §. 1259. berührt hat.

§. 1265. 7) Das Elektrometer zeigt in dem berührten und isolirt aufgehobenen Deckel positive Elektricität, wenn der Kuchen negative hatte; immer die entgegengesetzte Elektricität des Kuchens.

§. 1266. 8) Wenn der Deckel nach dem Berühren auf dem Kuchen isolirt in die Höhe gehoben, und, ohne in der Höhe berührt worden zu seyn, wieder auf den Kuchen gelegt wird, so bleibt kein Zeichen der Elektricität, während daß der Deckel auf dem Kuchen liegt: sie zeigt sich aber so gleich, wenn der Deckel wieder isolirt in die Höhe gehoben wird.

§. 1267. 9) Wenn die Basis isolirt ist, so erhält man, wenn man den auf den Kuchen isolirt gelegten Deckel berührt, einen stechenden Funken, der aber nicht so stark ist, als wenn die Basis nicht isolirt ist (§. 1259.), sonst aber ebenfalls einen Erschütterungsfunken, wenn man die Form und den Kuchen zugleich berührt.

§. 1268. 10) Wenn man in diesen Fällen den Deckel isolirt in die Höhe hebt, so ist er elektrisirt; zugleich ist es aber auch die Form, und zwar ist sie gleichartig mit der Elektricität des Kuchens.

§. 1269. 11) Läßt man den in der Höhe berührten Deckel zum andernmale auf die isolirte Basis, nachdem man das erstere mal Form und Deckel zugleich berührt hatte, so ist bey der zweyten ähnlichen Berührung der Erschütterungsfunken nur schwach, oder gar nicht da.

§. 1270. 12) Wenn man die Basis, noch ehe man den Kuchen durch Reiben elektrisirt hat, isolirt, den Deckel auflegt, ihn mit dem Finger oder einem andern nicht-isolirten Leiter berührt, während man die Schüssel durch eine Elektrisirmaschine positiv elektrisirt, so wird der Elektrophor zu allen bis jetzt angeführten Erscheinungen tüchtig gemacht, als wenn man den Kuchen mit dem Fuchsschwanze geschlagen hätte. Man sieht leicht, daß bey diesem Versuche der Elektrophor als eine geladene Harztafel angesehen werden kann.

§. 1271. Man kann den Elektrophor als eine Elektrisirmaschine brauchen, und die nöthigsten elektrischen Versuche mit ihm anstellen, da die Elektricität seines Kuchens eine lange Zeit dauert, wenn man ihn vor Feuchtigkeit bewahrt, und den Deckel auf ihm stehen läßt. Man kann mit dem Deckel, wenn man ihn nach dem Berühren und Aufziehen dem Knopfe einer Leidner Flasche nähert, diese nach und nach laden, indem man ihre äußere Belegung mit leitender Materie verbindet, oder auch in der Hand hält;

auch auf die entgegengesetzte Art laden, indem man sie an dem Knopfe faßt, und die Funken aus dem Deckel in ihre äußere Belegung schlagen läßt.

§. 1272. Durch eine geladene Flasche kann man nun auch die Elektricität des Elektrophors selbst verstärken: wenn er nehmlich mehr negative Elektricität haben soll, so stellt man die auf der innern Seite positiv geladene Flasche auf den Kuchen, und führt sie, indem man sie bey dem Knopfe faßt, auf dem Kuchen hin und her.

„Jede zerlegbare Leidner Flasche ist ein Elektrophor, wie dieses vorzüglich Weber's Doppel-Elektrophor (Gilbert's Ann. B. LI. S. 193) beweiset. Ueber Lichtenberg's Doppel-Elektrophor vergl. Lichtenberg's Magaz. B. I. S. 42.

§. 1273. Die Erscheinungen des Elektrophors lassen sich sämmtlich sehr glücklich aus den elektrischen Wirkungskreisen erklären, und dienen auch zugleich, um die angeführten Gesetze der Elektricität ins Licht zu setzen. Jeder geriebene Elektrophor ist mit seinem darauf liegenden Deckel als eine geladene und belegte Leidner Flasche oder Glastafel anzusehen, und verhält sich auch wie diese. Wird nehmlich der Harzkuchen mit dem Fuchsschwanze gerieben, so wird er negativ elektrisirt, d. h., es wird ihm von seiner natürlichen elektrischen Materie entzogen; und weil dünne Nichtleiter der Vertheilung der Elektricität nicht widerstehen, so strebt die elektrische Materie der Schüssel, die als die untere Belegung der Harztafel anzusehen ist, diesen Mangel zu ersetzen, und zieht daher aus den berührenden Leitern verhältnißmäßig so viel elektrische Materie an, als die obere Fläche verliert; und es ist hier alles so, wie bey der Ladung einer Flasche, die auf ihrer innern Seite mit negativer Elektricität versehen wird. Man sieht zugleich hieraus, warum die Basis nicht isolirt und der Harzkuchen nicht zu dick seyn muß. Der geriebene Harzkuchen hat also nun auf seiner obern Fläche negative Elektricität, während die Form die positive hat; beyde Elektricitäten binden sich aber wechselseitig. Wenn der leitende Deckel isolirt auf den

Kuchen gelegt wird, so strebt die natürliche Materie desselben, sich in den negativ-elektrisirten Kuchen zu ergießen, und es entsteht in dem Deckel Elektricität durch Vertheilung; die obere Fläche wird negativ, während die untere positiv ist. Ist die Basis isolirt, so wird durch die positive Elektricität der Form die negative der obern Fläche des Kuchens in ihrer Thätigkeit gehemmt; und daher ist die negative Elektricität der obern Fläche des Deckels nur schwach. Berührt man aber die isolirte Form und den aufliegenden Deckel zugleich, so kann die Form ihre angehäufte elektrische Materie entlassen, die sich in die obere Fläche des Deckels gleichförmig ergießt; die Anziehung der negativen Fläche des Kuchens kann nun freyer auf die natürliche elektrische Materie des Deckels wirken, und sie nach seiner untern Fläche ziehen. Man sieht nun leicht, warum man in dem angeführten Falle einen Erschütterungsfunken erhält; man sieht aber auch, warum man diesen erhält, wenn die Basis nicht isolirt ist, und diese und der Deckel zugleich berührt werden. Wenn man den Deckel auf den geriebenen Kuchen, dessen Basis nicht isolirt ist, isolirt gelegt hat, und ihn mit dem Finger berührt, so entsteht ein Funke, weil sich aus dem berührenden Finger elektrische Materie in die negative obere Fläche des Deckels ergießt. Nun ist alle Elektricität wieder vorbey. Hebt man aber jetzt den Deckel isolirt in die Höhe, so ist er positiv-elektrisirt, weil sich auf der untern Fläche vorher angehäufte elektrische Materie über den ganzen Deckel verbreitet, und seine obere Fläche ihren Mangel durch Berührung mit den Fingern schon ersetzt hat. Bey dem Wiederauflegen des in der Höhe isolirt gebliebenen (unberührten) Deckels auf dem Kuchen muß nothwendig alle positive Elektricität desselben wieder verschwinden, so wie gleichermaßen bey dem Aufheben des Deckels von dem Kuchen, der während seines Darauflegens nicht berührt worden ist, sich keine negative Elektricität darin äußern kann. — Wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen gelegt hat, dessen Schüssel isolirt ist, so geht bey gleichzeitiger Berührung des

Deckels und der Schüssel, wie schon gesagt ist, die jetzt thätige natürliche elektrische Materie der Schüssel in den Deckel über, um den Mangel desselben auf der Oberfläche zu ersetzen; und daraus erhellet nun, warum nach dem Abheben des Deckels auch die Form negativ electrisirt ist (§. 1268.), und warum der Erfolg des 1269. §. nachher eintritt. Die Ladung des Electrophors auf die §. 1270. angeführte Weise bedarf keiner Erklärung, da sie aus der Ladung der belegten Flasche und dem §. 1198. angeführten Satze folgt. So lassen sich also alle Erscheinungen des Electrophors der Franklinschen Hypothese gemäß genugthuend, und aus bloß anziehenden und abstoßenden Kräften erklären.

§. 1274. Nach der dualistischen Hypothese ist die Erklärung folgende. Wird der Harzkuchen gerieben, so wird sein natürliches —E auf der obern Seite frey; und da dünne Nichtleiter der Vertheilung der Elektricität nicht widerstehen, so bindet dieses —E gleich viel +E auf der andern Fläche des Kuchens, und stößt das —E dieser Seite aus. Ist die Basis nicht isolirt, so geht dieses —E frey aus, oder sättigt sich aus dem leitenden Körper mit anderm +E. Setzt man den isolirten Deckel auf den Kuchen, so bindet das —E der obern Seite des letztern das +E des Deckels, sobald er in seinen Wirkungskreis kommt, und das —E des Deckels wird frey und nach der obern Seite zu ausgestoßen. Daher zeigt nun der Deckel, während daß er auf dem Kuchen liegt, auf der obern Seite —E. Berührt man ihn hier mit dem Finger, so sättigt sich dieses freye —E mit +E aus demselben, und es entsteht ein Funke; nun scheint aber alles wieder todt. Hebt man aber den Deckel nach diesem Berühren an seinen Schnüren in die Höhe, so wird das +E der untern Seite desselben, das vorher durch das —E des Kuchens gebunden war, wieder frey, wenn er außer den Wirkungskreis des Kuchens kommt, und der Deckel hat jetzt eigentlich +E —E + E = +E, ist also positiv electrisirt, und giebt

beym Berühren mit dem Finger einen Funken, oder sein freyes +E sättigt sich mit —E aus dem Finger. Legt man den Deckel, ohne ihn in der Höhe berührt zu haben, wieder auf den Kuchen, so bindet das —E des letztern das +E des erstern, und es ist keine Elektricität weiter zu spüren. Wenn die Basis isolirt ist, so kann das +E der Form nicht abgeführt werden. Denn wenn die obere Seite des Kuchens E hat, so bindet dieses gleich viel +E der untern Seite; dieses + wirkt aber auch zugleich auf die innere Seite der Form, stößt das + derselben ab, und zieht das —E an. Wird der Deckel auf den Kuchen gelegt, so kann das nicht ganz freye —E des Kuchens nicht so viel +E des Deckels binden, folglich nicht so viel —E frey machen: und daher ist bey der Berührung des Deckels der Funke nur schwach. Wenn aber Form und Deckel zugleich berührt werden, so ist der Fall anders: denn nun kann die Form ihr +E sogleich entlassen, und also kann das —E des Kuchens freyer wirken, und es entsteht der Erschütterungsfunke, indem sich das aus der Form abgeführte +E mit dem freyen —E der obern Seite des Deckels sättigt. — Wenn aber auch die Basis nicht isolirt ist, so entsteht doch der Erschütterungsfunke, wenn man Deckel und Form zugleich berührt, eben weil die Form ihr +E entläßt, indem die obere Seite des Kuchens durch das +E der Deckels beschäftigt wird.

Der Condensator, der Collector und der Duplicator der Elektricität.

§. 1275. Auf die Lehre von den elektrischen Wirkungskreisen gründet sich auch noch der Condensator der Elektricität, eine Erfindung Volta's, und ein sehr wichtiger Beytrag zum elektrischen Apparate. Er ist dem Elektrophor ähnlich, nur daß er nicht, wie dieser, aus einer isolirenden, sondern aus einer halbleitenden oder schlechtlei-

runden Platte besteht, auf welche der wohl abgerundete Deckel von Metall vermittelst seidener Schnüre gelegt wird.

Volta, in den *Phil. transact.* Vol. LXXII. p. I.

§. 1276. Man macht diese Platte aus trocknem und reinem Marmor oder Alabaster, oder auch aus Holz mit Siegellack oder Firniß ganz dünne überzogen, u. dergl. halbleitender Materie. Der Deckel muß ganz genau an die Platte anschliessen. Man kann auch eine Metallplatte mit Taffent auf ihrer untern Seite überziehen, seidene Schnüre daran befestigen, und sie dann so ohne untere Platte brauchen, wenn man sie auf einen Tisch, einen Stuhl, ein Buch, u. dergl. legt.

§. 1277. Vermittelst dieses Condensators kann man äusserst schwache Elektricitäten, die sonst nicht bemerkbar seyn, oder welche schnell und leicht verschwinden würden, merklich machen und sammeln; und er verdient daher auch den Namen eines Mikroelektroskops oder Mikroelektrometers.

§. 1278. Die Wirkung des Condensators beruhet darauf, daß in einem elektrisirten Körper, wenn ein anderer mit seiner natürlichen Elektricität versehener Körper in seinem Wirkungskreise ist, die Intensität seiner Elektricität vermindert, und er folglich fähig wird, mehr Elektricität anzunehmen, oder seine Capacität vermehrt wird. Diese Capacität wird bey der Berührung am grössesten, wenn nur dabey die wirkliche Mittheilung oder der Uebergang der Elektricität verhütet wird, welches man erhält, wenn man den Körper ohne alle scharfe Ecken und Spitzen so glatt als möglich macht.

§. 1279. Wird also dem Deckel des Condensators Elektricität zugeführt, z. B. positive: so bindet die Basis das elektrische Fluidum mehr, die Intensität desselben wird vermindert, und die Capacität des Deckels wächst; und so kann sich immer mehr und mehr von der zugeführten Elek-

tricität sammeln, die unbemerkbar ist, so lange der Deckel auf der Basis ruht, aber sich sogleich zeigt, wenn man ihn an den seidenen Schnüren hinlänglich davon entfernt.

§. 1280. Um hierbey den wirklichen Uebergang der dem Deckel zugeführten Elektricität in die Basis zu verhüten, wählt man eben zur letztern einen unvollkommenen oder Halbleiter, der diesem Uebergange der Elektricität stark genug widersteht. Eine völlig isolirende oder nicht-leitende Basis würde nicht dienen, weil sie der Vertheilung der elektrischen Atmosphäre zu sehr widersteht, und folglich die Capacität des darauf liegenden Deckels nicht vermehrt wird. Ein dünner isolirter Condensator ist daher ebenfalls unwirksam.

§. 1281. Durch den Condensator hat man entdeckt, daß bey verschiedenen Zerstörungen oder neuen Zusammensetzungen von Körperarten, wobey Wärme wirksam ist, sich Elektricität entwickele, als: bey der Ausdünstung des Wassers, beym Verbrennen der Kohlen, bey der Erzeugung von Hydrogengas und Salpetergas, bey der Erhitzung des menschlichen Körpers durch Bewegung, u. dergl. m. Ist die Elektricität eines Körpers, den man untersucht, so schwach, daß der Condensator nur schwache Spuren davon zeigt: so kann man sie nach Cavallo dadurch merklicher machen, daß man sie von dem größern Deckel an einen zweyten kleinern Condensator versetzt, und sie solchergestalt noch mehr concentrirt.

§. 1282. Gegen diesen Volta'schen Condensator machte Cavallo den freylich gegründeten Einwurf, daß durch die Operation mit demselben Elektricität ursprünglich erregt, oder die Basis elektrophorisch werden könne, wo dann allerdings die damit erhaltenen Resultate trügerisch ausfallen müssen. Allein Lichtenberg hat diesen Fehler durch folgende sinnreiche Einrichtung desselben völlig gehoben. Auf eine Metallplatte, wozu die äußere Seite jedes flachen zinnernen Tellers gebraucht werden kann, werden 3 Stückchen

Schreibenglas, so klein als man sie nur erhalten kann, etwa in der Grösse des Buchstabens o, in einen ohngefähr gleichseitigen Triangel gelegt. Auf diese 3 Glaspunkte wird nun der Teller des Condensators gesetzt, der sonst die metallene Unterlage nicht weiter berühren muß. Auf diese Art wird bloß eine dünne Luftschicht zwischen zwey Leitern erhalten, und dadurch der Zweck der Einrichtung des Condensators völlig erreicht, dabey aber der Fehler der gewöhnlichen Einrichtung vermieden. Es ist gut, die Platten vor jedesmaligem Gebrauche zu erwärmen.

Erxleben Naturlehre, von Lichtenberg, 6. Aufl. S. 505 ff.

„Statt der drey Glasstückchen können zweckmäßiger drey Tropfen Siegellack dienen, auch reicht dünne Ueberfirnissung der Metallplatte hin; Biot a. a. O. B. II. S. 561. Vergl. auch Gilbert's Ann. B. IX. S. 121 und B. XLII. S. 376. Kr."

„Die Erfindung des Condensators ist sinnreich, sein Gebrauch aber, wie man ihn auch einrichten mag, unsicher, weil er dem nicht bestimmbaren Einfluße zufälliger Umstände sehr unterworfen ist. F."

§. 1283. Hiermit kommt auch der von Cavallo vorgeschlagene Elektricitätssammler oder Collector überein, der im Grunde der Lichtenbergsche Condensator mit dopelter Luftschicht ist. Er besteht aus einer Zinnplatte, 13 Zoll lang und 8 Zoll breit, an deren kürzere Seitenränder zwey zinnerne Röhren, die an beyden Enden offen sind, angelöthet sind. In ein hölzernes Fußgestelle sind zwey gläserne, mit Siegellack überzogene, Glasfüße eingekittet; ihre obern Enden sind in die untern Oeffnungen der zinnernen Röhren eingekittet, so daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt ist. An das hölzerne Bodenstück, das die Zinnplatte trägt, ist auf beyden Seiten ein hölzerner Rahmen mit Hülfe eines Charniers befestigt, so daß diese Rahmen entweder mit der Platte parallel gestellt, oder horizontal niedergelegt werden können. Ueber die innere Seite dieser Rahmen ist von der Mitte ihrer Höhe Goldpapier ausgespannt, das noch wirksamer mit dünnem Stanniol überzogen werden kann. Wenn die Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte nicht,

sondern stehen etwa ½ Zoll davon ab. Sie sind auch etwas schmäler, als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren nicht zu berühren. Vermittelst eines oben angebrachten kleinen Brets mit einer Klammer können die Rahmen im verticalen Stande fest erhalten werden.

Beschreibung eines neuen elektrischen Instruments, um eine zerstreute und wenig verdichtete Quantität der Elektricität zu sammeln, von Tiberius Cavallo; aus den *Philos. transact.* Vol. LXXVIII. S. 255., übers. im Journ. der Phys. B. I. S. 275 ff. „Vergl. Cuthbertson in Gilbert's Ann. B. XIII. S. 208. Kr."

§. 1284. Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch, in ein Fenster, oder an einen andern bequemen Ort. Man stellt ein Flaschen-Elektrometer daneben, welches durch einen Eisendrath mit einer von den zinnernen Röhren in leitender Verbindung ist. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und der elektrisirten Substanz, deren Elektricität man in der Zinnplatte sammeln will. Um z. B. die Elektricität des Regens oder der Luft zu sammeln, stellt man das Instrument nahe an ein Fenster, steckt das eine Ende eines langen Drathes in die Oeffnung der zinnernen Röhre, und läßt das andere Ende aus dem Fenster in die Luft hervorragen. Durch die nahe Nachbarschaft der leitenden Substanz der Rahmen wird die Intensität der der Zinnplatte zugeführten Elektricität geschwächt, folglich die Capacität der Zinnplatte dadurch vermehrt, ohne daß ein wirklicher Uebergang der Elektricität aus der Zinnplatte in die leitende Fläche der Rahmen erfolgen könnte. Werden nun die Rahmen horizontal niedergelegt, und so von der Zinnplatte entfernt, so wird die in der letztern vorher insensibel gemachte Elektricität jetzt frey, und die Kügelchen des Flaschen-Elektrometers divergiren. Durch eine an das letztere genäherte geriebene Siegellackstange kann dann die Natur der gesammelten Elektricität leicht erforscht werden. — Eine zu schwache Elektricität kann man dadurch bemerklich machen, daß man sie aus dem größern Collector an einen kleinern versetzt.

§. 1285. Der Zweck des Duplicators der Elektricität, den Bennet erfunden, Cavallo verbessert, und dem Nicholson eine sehr sinnreiche, vortheilhaftere Einrichtung gegeben hat, besteht darin, eine geringe, sonst nicht bemerkbare Quantität der Elektricität so lange zu vervielfältigen, bis sie hinreichend wird, ein Elektrometer zu afficiren, um so ihre Beschaffenheit zu erforschen. In Ansehung der Einrichtung des Werkzeuges verweise ich auf die unten angezeigten Abhandlungen. Bey dem Gebrauche desselben ist aber dahin zu sehen, daß das Werkzeug nicht noch Reste voriger Elektricität enthalte, die sonst zu falschen Resultaten Anlaß geben könnten.

Von den Methoden, die Gegenwart kleiner Quantitäten natürlicher oder künstlicher Elektricität zu entdecken, und ihre Beschaffenheit zu erkennen, von Tiber. Cavallo; in Gren's Journal der Physik, B. I. S. 49 ff.

Beschreibung eines neuen elektrischen Instruments, welches den doppelten Zustand der Elektricität hervorbingt, von Nicholson ebendas. B. II. S. 61 ff. „und Gilbert's Ann. B. XVII. S. 414. Kr."

„Was in der Anmerkung zu § 12[illegible] von dem Condensator gesagt worden, findet auch bey dem Collector und Duplicator seine Anwendung. Sehr empfindliche Bennetsche, Saussure'sche, Volta'sche, Bohnenbergersche, Elektrometer, nebst Coulomb's Waage, gewähren bey der Beobachtung schwacher Elektricitäten mehr Sicherheit. 8."

„Vergl. auch Gilbert's Ann. B. XLII. S. 85. 91. Kr."

Einige Erscheinungen der Elektricität im luftleeren Raume.

§. 1286. Die Elektricität läßt sich auch im luftleeren Raume erregen; und eine kleine Elektrisirmaschine, unter der Glocke der Luftpumpe angebracht, liefert elektrische Erscheinungen.

§. 1287. Die verdünnte Luft isolirt aber nicht mehr, sondern leitet sehr stark, und das elektrische Licht breitet sich darin ungemein weit aus, und giebt im Dunkeln einen sehr hellen Glanz. Wenn man daher eine gläserne Kugel, die von Luft leer gepumpt ist, zum Reiber der Maschine nimmt,

so erscheint sie im Dunkeln ganz mit Licht erfüllt. Das Leuchten der Barometer ist ebenfalls daher zu leiten.

Die elektrische Schlange.

§. 1288. Wenn man eine gläserne Glocke, die oben mit einem metallenen Knopfe versehen ist, der mit mehrern Spitzen in die Glocke hinabsteigt, auf einem beweglichen Teller der Luftpumpe luftdicht aufkittet, dann die Luft darin verdünnt, und im Dunkeln einen Funken in den Knopf der Glocke schlagen läßt, so breitet sich das elektrische Licht in den ganzen Raum der Glocke aus. Dieses elektrische Licht zeigt sich auch, wenn man die Wand der Glocke an den Knopf des elektrisirten Conductors der Maschine hält: und zwar entstehen anfangs helle Blitze, bis zuletzt alles mit Licht erfüllt ist.

Adams Vers. über die Elektricität, S. 182 ff. „Vergl. 1044 u. ff. Kr."

Einige besondere Arten der Elektricität.

§. 1289. An dem Turmalin, einer Schörlart, hat man schon seit geraumer Zeit die Eigenschaft entdeckt, daß er, wenn er erwärmt oder auch abgekühlt wird, Elektricität erhält, und zwar entgegengesetzte Elektricitäten an entgegengesetzten Enden. Die Elektricität äußert sich nach der Richtung seiner Achse, die durch die beyden Enden des Krystalles geht, so daß diese die entgegengesetzte Elektricität haben. Durch Reiben mit schicklichen Materien erhält er die Elektricität, wie andere Nichtleiter. Sonst hat man die Eigenschaft, durch bloße Erwärmung, ohne Reiben, elektrisirt zu werden, noch an dem brasilianischen Topas, am krystallisirten Galmey, „Smaragd, Mesotype, Prehnit rc. Kr." und am Boracit wahrgenommen.

Ich theile hier die Eigenschaften des Turmalins in Absicht auf die Elektricität nach Cavallo (Vollständige Abhandl. der Lehre von der Elektricität, S. 26 ff.) mit:

1) So lange der Turmalin in einerley Grade der Wärme erhalten wird, zeigt er keine Merkmale der Elektricität. Er wird aber elektrisirt

wenn man ihn erwärmt oder erkältet, und zwar in dem letztern Falle noch stärker als in dem erstern.

2) Die Elektricität zeigt sich nicht auf seiner ganzen Oberfläche, sondern nur in der Gegend zweyer entgegengesetzten Punkte, die man seine Pole nennen kann, welche allezeit in gerader Linie mit dem Mittelpunkte des Steines und nach der Richtung seiner Blätter liegen, nach welcher Richtung er vollkommen undurchsichtig ist, ob er gleich nach der andern Richtung halbdurchsichtig erscheint.

3) Während der Zeit, da der Turmalin erwärmt wird, hat der eine Pol A von ihm +E, der andere Pol B aber −E. Wird er erkältet, so hat während der Zeit des Erkältens A, −E, und B, +E. Wird der eine Pol mehr erwärmt, indem der andere mehr erkaltet, so kann es kommen, daß beyde Pole +E oder −E haben.

4) Wird er erwärmt, und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine seiner Seiten berührt wird, so hat A, +E, B hat −E, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.

5) Wenn der Turmalin auf einem isolirten Körper erwärmt oder erkältet wird, so wird dieser Körper eben so wohl, als der Stein, elektrisirt, und erhält die entgegengesetzte Elektricität von derjenigen, die sich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.

6) Die Elektricität einer jeden oder beyder Seiten kann sich in die entgegengesetzte verwandeln, wenn der Turmalin beym Erwärmen oder Erkalten verschiedene Substanzen berührt.

7) Wird der Turmalin in verschiedene Stücke zerschnitten, so hat jedes Stück seinen positiven und negativen Pol, einen jeden nach der positiven oder negativen Seite des Steins zu, aus welchem man das Stück geschnitten hat.

8) Diese Eigenschaften des Turmalins zeigen sich auch im luftleeren Raume, aber nicht so stark, als an der Luft.

9) Canton hat an einem im Dunkeln erwärmten Turmalin während der Erwärmung ein sehr lebhaftes Licht wahrgenommen.

Experiments on the Turmalin, by Mr. *Benj. Wilson*; in den *Philos. transact.* Vol. LI. P. I. S. 308. Recueil de différens mémoires sur la Tourmaline, publié par Mr. *Franc. Ulr. Théod. Aepinus*, à Petersbourg 1762. 8. Wilke Geschichte des Turmalins; in den schwed. Abhandl. B. XXVIII. S. 95 ff. B. XXX. S. 1 ff. und 105 ff. *Torb. Bergmann* de vi electrica Turmalini; in seinen *opusc. phys.-chem.* Vol. V. S. 402 ff.

Die Elektricität des Boracits hat Haüy entdeckt. Er hat seine Versuche mit solchen Würfeln gemacht, wovon 4 Ecken so abgestumpft sind, daß jede Abstumpfungsfläche einer nicht abgestumpften Ecke gegenüber steht, und wovon auch die zwölf Kanten des Würfels abgestumpft sind. Man kann in diesen Krystallen des Boracits vier verschiedene Achsen annehmen, die eine ähnliche Lage haben, und wovon jede durch eine nicht abgestumpfte Ecke des Würfels und durch die Mitte der Abstumpfungsfläche der gegenüber stehenden abgestumpften Ecke geht. Die elektrischen Kräfte äußern sich in den Richtungen dieser 4 Achsen so, daß diejenige von den beyden einerley Achse zugehörigen Ecken, welche abgestumpft ist, +E hat, während die gegenüber stehende nicht abgestumpfte Ecke −E zeigt.

Ueber die Elektricität des Boracits, oder Boraxspathes; von Haüy; im Journal der Physik, B. VII. S 87 f.

„Hierher gehörige Versuche Dessaigne's mit gegen Quecksilber bewegten Siegellackstangen ꝛc Schweigger's Journ. B. XX. S 82. Ueber das Verhalten der Turmaline u. s w. Biot's Traité de Physique, II p. 425. Singer's Elemente der Elektricität, übers. von Müller S. 478—484. Kr."

§. 1290 Noch merkwürdiger ist die („der Wirkung der Leidner Flaschen vergleichbare K.") Elektricität einiger Fischarten. Am stärksten entdeckte man sie an dem Zitteraale, oder elektrischen Aale (Gymnotus electricus), der, wenn er gereizt wird, bey der Berührung mit der Hand, oder auch mit einem Leiter, und selbst bey der Entfernung im Wasser, eine starke Erschütterung und einen heftigen Stoß in den Gelenken der Finger, ja sogar bis zum Ellenbogen, verursacht, als wenn man eine geladene Leidner Flasche mit den Händen entladet. Bey Berührung und Reizung des Fisches durch Nichtleiter empfindet man keinen Stoß. Aehnliche, wiewohl schwächere Wirkungen, hat man an dem Zitterrochen (Raja torpedo) wahrgenommen, an dem Walsh wirkliche elektrische Funken sichtbar gemacht hat, als er den aus dem Wasser genommenen Fisch reizte. Endlich gehört noch hierher der Zitterwels (Silurus electricus), der elektrische Stachelbauch (Tetrodon electricus) und der Trichiurus indicus.

Vom Zitteraale hat Bloch (Naturgeschichte der ausländischen Fische, Th. II. Berlin 1786. 4. S. 45.) die Nachrichten darüber sorgfältig gesammelt.

Vom Zitterrochen sehe man: *John Walsh* of the electric property of the Torpedo; in den *Philos. transact.* Vol. LXIII. S. 461.

Vom Zitterwels: *Broussonet*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc. de Paris*, 1782.

Vom elektrischen Stachelbauche: *Peterson*, in den *Philos. transact.* Vol. LXXVI. P. II. S. 382.

„Vergl. auch Geoffroy in Gilbert's Ann. B. XIV. S. 397 und v. Humboldt a. a. O. B. XXV. S. 34. Kr."

Der sogenannte Galvanismus oder die Berührungs-Electricität.

§. 1291. Wenn man bey einem lebenden Frosche einen Nerven, z. B. den Cruralnerven, entblößt, und diesen Nerven mit zwey verschiedenen Metallen, z. B. mit Silber und Zinn, mit Silber und Zink, zugleich berührt, während auch diese Metalle mit einander in Berührung sind, so entsteht sogleich eine krampfhafte Zusammenziehung der Muskeln, zu welchen der Nerve geht. Die Erscheinung zeigt sich, so lange die Theile noch Vitalität haben. Sie zeigt sich auch bey abgetrennten Gliedmaaßen, wenn sie nur noch Reizfähigkeit besitzen. — Wenn man das Ende der Nerven auf ein Metall legt, z. B. auf Stanniol, dann auf das entblößte Muskelfleisch, zu welchem der Nerve geht, ein anderes Metall anbringt, z. B. einen Streifen Blattsilber, und nun beyde Metalle durch einen nicht-leitenden Bogen berührt, so ist die Erscheinung nicht da; sie zeigt sich aber, wenn man jene durch einen elektrischen Leiter in Verbindung setzt, z. B. durch einen Metalldrath, durch eine Kohle. — Die Erscheinung zeigt sich ferner, wenn zwey Stellen eines und desselben Nerven mit zwey verschiedenen Metallen belegt, und durch einen guten Leiter in Verbindung gebracht werden; sie zeigt sich in diesem Falle nicht, wenn man die Verbindung durch einen guten Nichtleiter macht.

§. 1292. Die Versuche lassen sich auf eine interessante Weise auch so anstellen, daß man dem lebenden Frosche die Haut ganz abzieht, die Eingeweide herausnimmt, und ihn so präparirt, daß seine Schenkel bloß durch die Cruralnerven mit dem Rumpfe zusammenhängen. Man stellt hierauf zwey Trinkgläser, mit Wasser gefüllt, dicht neben einander, und hängt den Frosch so über beyde, daß der Rumpf in das Wasser des einen, die Schenkel in das Wasser des andern Glases tauchen. Taucht man nun ein Metall in das Wasser des einen, und ein anderes verschie-

schiedenes Metall in das Wasser des andern Glases, so sind die Zuckungen in dem Frosche sogleich da, sobald auch die Metalle oben mit einander in Berührung gesetzt werden.

§. 1293. Braucht man in diesem oder in dem vorigen Falle nur Metalle von einerley Art, die durchaus nicht verschieden sind, so ist bey ihrer Berührung unter einander und mit dem Frosche keine Zuckung desselben da; sie ist aber da, freylich nur schwach und nur bey einem Frosche von starker Vitalität, wenn die Metalle zwar von derselbigen Art, aber doch in der Härte, in der Legirung, in der äußern Politur, in der äußern regulinischen Beschaffenheit („oder in der Temperatur 𝔎r.), verschieden sind. So ist z. B. keine Zuckung des Frosches in dem zuletzt angeführten Versuche da, wenn man die Verbindung des Wassers in den Gläsern z. B. durch einen Bogen von Silberdrath macht, der durchaus gleichförmig in seiner Natur ist.

§. 1294. Allein in dem angeführten Falle (§. 1292.) sind die Zuckungen gleich wieder da, wenn man das eine Ende des leitenden Bogens mit einer leitenden Flüssigkeit anderer Art, als bloßes Wasser ist, z. B. mit einer Auflösung von Alkali, mit Scheidewasser, mit einer Auflösung von Schwefelalkali bestreicht; oder wenn man in das eine Glas bloßes Wasser, in das andere Essig, oder eine alkalische Auflösung von Schwefelleber, oder eine Salzauflösung gießt, und die Verbindung jetzt auch nur durch ein einziges Metall macht.

§. 1295. Die angeführten Erscheinungen von Zuckungen hat man nicht nur bey Fröschen und andern Thieren mit kaltem Blute, sondern auch bey warmblütigen Thieren, und selbst bey menschlichen Gliedmaaßen wahrgenommen, so lange sie noch Reizfähigkeit besaßen. Nur zeigen sie sich desto schwächer, je geringer, bey übrigens gleichen Umständen, die Reizfähigkeit ist, und dauern desto kürzere Zeit, je früher diese erlischt.

§. 1296. Man applicire einen Streifen Stanniol unter die Spitze der Zunge und die Unterlippe, so daß er hervorsteht; man berühre hierauf die obere Fläche der Zungenspitze mit Silber, und mit demselben zugleich das Stanniol: so empfindet man in dem Augenblicke, da sich beyde Metalle unter sich und zugleich die Zunge berühren, einen sehr auffallenden, gleichsam kaustischen Geschmack.

§. 1297. Man fülle einen zinnernen Becher mit Kalkmilch, oder mit alkalischer, mäßig starker Lauge, fasse den Becher mit einer oder beyden Händen, die man mit bloßem Wasser feucht gemacht hat, und bringe die Spitze der Zunge auf die Flüssigkeit im Becher. Sogleich wird man die Empfindung von einem sauren Geschmacke auf der Zunge erhalten, welche die alkalische Flüssigkeit berührt. Dieser Geschmack ist wenigstens im Anfange sehr entscheidend, bis er endlich dem eigenthümlichen alkalischen der Flüssigkeit Platz macht.

§. 1298. Man nehme einen Becher von Zinn (noch besser von Zink), stelle ihn auf einen silbernen Fuß, und fülle ihn mit reinem Wasser. Steckt man die Spitze der Zunge ins Wasser, so findet man es, wie natürlich, unschmackhaft; so bald man aber zugleich den silbernen Fuß mit den recht benetzten Händen preßt, so empfindet die Zunge einen sehr entschiedenen sauren Geschmack.

§. 1299. Man bringe endlich zwischen die linke obere Kinnlade und die linke Wange eine Stange Zink, und zwischen die untere rechte Kinnlade und die rechte Wange eine Stange Silber, so daß die Metallstücke aus dem Munde hervorragen, und nähere hierauf diese hervorragenden Enden einander: so wird man im Dunkeln bey dem Contact beyder Metalle Licht empfinden.

§. 1300. Wenn in allen den angeführten Fällen Muskelbewegung oder Empfindung erregt werden soll, so müssen Leiter von verschiedener Art, sowohl unter einander, als mit den reizbaren oder empfindenden Theilen in Berührung seyn.

§. 1301. Bey gleicher Reizfähigkeit der thierischen Theile bringen die verschiedenen Leiter in Berührung unter einander und mit reizfähigen Theilen nicht gleichstarke Wirkungen hervor. Diese sind gewöhnlich um desto lebhafter, je mehr die angewandten Metalle hinsichtlich ihrer Oxydabilität von einander abstehen.

§. 1302. Der Erste, welcher die bey der Berührung von zwey verschiedenen Metallen entstehenden Muskelbewegungen beobachtete, war Galvani von Bologna; und man hat daher nach ihm die Erscheinungen dieser Art unter dem Namen des Galvanismus begriffen. Die Versuche darüber beschäftigten bald nachher eine große Menge von Naturforschern und Physiologen in mehreren Ländern; man änderte sie auf mannigfaltige Weise ab, und entdeckte eine Menge neuer Thatsachen. So wie es aber gemeiniglich mit neuen Entdeckungen physikalischer Thatsachen zu geschehen pflegt, daß man sogleich Erklärungen ihrer Ursachen wagt, ehe man noch die Thatsachen selbst gehörig vervielfältigt und abgeändert hat, so geschah es auch hier. Man ging gleich anfangs von einer eigenthümlichen, den lebenden Organen beywohnenden, und die Muskelbewegungen erregenden, thierischen Elektricität aus, und ließ die Muskeln sich ordentlich damit laden und wieder entladen. Andere erklärten die Erscheinungen durch chemische Mischungsveränderungen, die bey der Einwirkung der Metalle unter einander und mit den berührenden lebenden Theilen in diesen vorgehen sollten, und brachten zum Theil davon wunderliche Meinungen bey. Keiner von allen Naturforschern, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, hat ihn auf so vielfache Art untersucht, als Volta. Ihm verdanken wir die meisten hierher gehörigen Entdeckungen, und die nähere Bestimmung der dabey obwaltenden Umstände. Er ist es aber auch, der die dabey wirkende Ursach zuerst aufgeklärt und ins Licht gesetzt, und der bis zur überzeugendsten Evidenz dargethan hat: daß diese Ursach, welche in den

angeführten Fällen Muskelbewegungen erregt und den Geschmacks- und Gesichtssinn afficirt, das gewöhnliche elektrische Fluidum ist, welches nicht durch einen thierischen Lebensproceß, sondern durch die Berührung heterogener Leiter unter einander in Action gesetzt wird; daß dieses in Circulation gesetzte elektrische Fluidum reizfähige Theile reize, und so Muskelbewegungen und Empfindungen veranlasse. Es ist ihm endlich gelungen, die bey der Berührung der heterogenen Leiter in Action gesetzte elektrische Materie durch Hilfe des Duplicators bis zur Wahrnehmung an einem Elektrometer darzuthun. So sind also diese Untersuchungen zwar nicht für die Physiologie aufklärend und fruchtbar gewesen, desto mehr aber für die Naturlehre im Gebiete der elektrischen Erscheinungen.

„ *Aloysii Galvani* de viribus electricitatis in motu musculari commentarius, Bonon. 1791. 4. Aloys. Galvani Abhandl. über die Kräfte der thierischen Elektricität auf die Bewegung der Muskeln, nebst einigen Schriften von Valli, Carminati und Volta über eben diesen Gegenstand, herausgegeben von D. Joh. Mayer, Prag 1796. 8. Nachrichten von den Versuchen Galvani's über die Wirkung der Elektricität auf die Muskularbewegungen: in Gren's Journal der Physik, B. VI. S. 371 ff. Briefe von Euseb. Valli über die thierische Elektricität; ebendas. S. 382 ff. S. 592 ff. Gren's Bemerkungen über die sogenannte thierische Elektricität; ebendaselbst S. 402. Schreiben von Prof. Reil an Gren über die sogen. thierische Elektricität; ebendas. S. 411. Schriften über die thierische Elektricität, von Alex. Volta, aus dem Ital. von D. Joh. Mayer, Prag 1795. 8. Carl Caspar Creve Beyträge zu Galvani's Versuchen über die Kräfte der thierischen Elektricität auf die Bewegung der Muskeln, Frankfurt u. Leipzig 1793. 8.; ingl. in Gren's Journal der Physik, B. VII. S. 523 ff. *Christoph Henr. Pfaff* diss. de electricitate animali, Stuttg. 1795. 8., übersetzt im Journal der Physik, B. VIII. S. 196 ff. Fortgesetzte Bemerkungen über die thierische Elektricität, von Pfaff; ebendaselbst S. 270 ff. S. 377 ff. Nachrichten von einigen Entdeckungen Galvani's, nebst Versuchen und Beobachtungen darüber, von Alex. Volta; ebendas. S. 303 ff. S. 389 ff. C. H. Pfaff über thierische Elektricität und Reizbarkeit, Göttingen 1793. 8. Ueber die gereizte Muskelfaser von v. Humboldt; im neuen Journal der Physik, B. II. S. 115 ff. Brief von Humboldt an Blumenbach; ebendas. S. 471. Ebendesselben neue Versuche über den Metallreiz; ebendas. B. III. S. 165 ff. Beobachtungen über den Muskelreiz bey Thieren in den Galvanischen Versuchen, von Wells in London; ebendas. S. 441 ff. Ueber die gereizte Muskelfaser, von Ph. Michaelis; ebendas. B. IV. S. 1 ff.

* Alex. Volta's neue Abhandl. über die thierische Elektricität; ebendas. B. II. S. 141 ff. Schreiben Volta's an Gren; ebendaselbst.

B. III. S. 479. Zweytes Schreiben Volta's über die sogenannte thierische Elektricität; ebendas. B. IV S. 107 ff

Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser nebst Vermuthungen über den chemischen Process des Lebens in der Thier- und Pflanzenwelt; von *Friedr. Alexander von Humboldt.* Posen und Berlin, bey Decker und Rottmann. 2 Bände. 1797. gr 8.

„Singer a. a. O. J. W. Ritter zur nähern Kenntniß des Galvanismus. Jena 1800 — 1805. 8. Dessen Elektr. Syst. d. Körper. Leipzig 1805. 8. Kr."

§. 1303. Die freye und bewegte elektrische Materie ist ein Reizmittel für die belebte Faser; und die Folge ihres Reizes bei ihrer unmittelbaren Durchströmung durch dieselbe ist Empfindung oder Bewegung derselben. Die entblößte Muskelfaser oder ihre Nerven sind solchergestalt das empfindlichste Elektroscop, und zeigen so das Daseyn eines elektrischen Stromes an, der sonst das feinste Elektrometer nicht in Bewegung setzen würde. Bey der Berührung heterogener Leiter wird elektrisches Fluidum in Bewegung gesetzt, es sey nun, daß alle Leiter im natürlichen Zustande davon eine geringe, den Sättigungsgrad derselben in unmerklicher Menge übersteigende Dosis enthalten, und dagegen selbst eine verschiedene Anziehungskraft besitzen, oder daß die Berührung derselben unter einander selbst es frey macht, und sie es stärker oder schwächer anziehen. Bilden nun die Leiter einen Kreis, so wird das Fluidum dadurch selbst in Kreislauf gesetzt, was aber durch unsere bisherigen Werkzeuge nicht zu entdecken war. Wenn so z. B. die entblößten Cruralnerven eines Frosches von diesem Kreise heterogener Leiter selbst ein leitendes Stück ausmachen, so daß die ganze oder fast die ganze strömende elektrische Materie durch sie allein gehen muß, und die Nerven noch einen Rest von Vitalität haben: so werden die den Nerven zugehörigen Muskeln in Zuckungen gesetzt, sobald die Herstellung des Kreises der Leitung einen solchen elektrischen Strom veranlaßt, und so oft man nach gehöriger Unterbrechung desselben ihn gehörig wieder herstellt. Wenn sich anstatt der zur Bewegung dienenden Nerven die an der Spitze oder am Rande der Zunge, welche zum Geschmacke dienen, oder die

äußern Theile des Augapfels, in dem leitenden Kreise befinden, so wird auch durch diesen elektrischen Strom Empfindung von Geschmack und von Licht erregt.

§. 1304. So kann man auf folgende Weise durch einen sehr frappanten Versuch Muskelbewegung und Afficirung des Sinnes des Geschmacks und des Gesichts zugleich durch den elektrischen Strom bewirken. Es treten vier Personen auf einen nicht sehr leitenden Fußboden, und werden mit einander folgendermaßen in leitende Verbindung gesetzt. Die erste in der Reihe faßt in die rechte Hand, die aber mit Wasser benetzt seyn muß, eine Zinkstange, und berührt mit dem Finger der linken Hand die Spitze der Zunge der zweyten Person, die wiederum mit einem Finger den bloßen Augapfel der dritten Person berührt; diese dritte Person hält mit naßgemachter Hand die hintern Extremitäten eines nach der oben (§. 1292.) angeführten Weise präparirten Frosches, dessen entblößten Rumpf die vierte und letzte Person in der Reihe mit der nassen rechten Hand anfaßt, während sie in der nassen linken eine Silberstange hält. So wie nun der Erste und Letzte in der Reihe die Zink- und Silberstange in Berührung bringen, und solchergestalt den Kreis vollenden, empfindet die Person, deren Zungenspitze berührt wird, einen sauren Geschmack; das berührte Auge des Dritten nimmt einen Schein von Licht wahr, und die Schenkel des Frosches, der vom Dritten und Vierten gehalten wird, gerathen in heftige Zuckungen.

§. 1305. Die verschiedenen elektrischen Leiter zeigen das Vermögen, bey ihrer Berührung unter einander einen elektrischen Strom zu veranlassen, nicht mit gleicher Thätigkeit (§. 1301.). Volta theilt sie in dieser Hinsicht in zwey Klassen: in trockene, welche die erste ausmachen, und wohin vorzüglich die Metalle, die Kiese und die Holzkohle gehören, und in feuchte Leiter, welche die zweyte Klasse ausmachen (§. 1128 u. ff). Jedesmal nun, daß in einem vollständigen Kreise von Leitern entweder einer von der zwey-

ten Klasse zwischen zwey unter einander verschiedene von der erstern Klasse, oder umgekehrt, einer von der erstern Klasse zwischen zwey unter sich verschiedene von der zweyten Klasse gebracht wird, wird durch die vorwaltende Kraft zur Rechten oder zur Linken ein elektrischer Strom veranlaßt, der bey Unterbrechung des Kreises wieder aufhört, bey Wiederherstellung desselben wieder von neuem veranlaßt wird, und so in den reizfähigen Theilen, die einen Theil des leitenden Kreises ausmachen, Empfindung und Bewegung hervorbringt. Volta hat durch seine Untersuchungen dargethan, daß die elektrische Action hauptsächlich durch die Berührung zweyer verschiedenen Metalle mit feuchten Leitern veranlaßt wird, obgleich dieselbe auch bey Berührung der trockenen heterogenen Leiter unter einander und selbst der feuchten heterogenen Leiter unter einander Statt findet.

§. 1306. Die verschiedenen Arten der Verbindung der Leiter unter einander zur Veranlassung eines elektrischen Stromes lassen sich durch Zeichnungen deutlich machen, die ich deßhalb nach Volta auf der XV. Kupfertafel hier beyfüge. Sie dienen zugleich, die darauf Bezug habenden Grundsätze anschaulich zu machen. Die hierher gehörigen Leiter der ersten Klasse, wie die Metalle, sind durch große Buchstaben, die Leiter der zweyten Klasse oder die feuchten durch kleine Buchstaben in den Figuren angezeigt.

Fig. 156. kann den Fall vorstellen, wo der Froschnerve den feuchten Leiter a macht, der an zwey verschiedenen Stellen von zwey verschiedenen Metallen oder Leitern der erstern Klasse A (Silber) und Z (Zink) berührt wird, die sich unter einander wieder selbst berühren, wie nach §. 1292.; oder a ist die Spitze der Zunge zwischen Silber und Stanniol, die sich unter einander berühren, oder der Fall des 1296. §.

Fig. 157. stellt den Fall vor, wo sich ein Leiter der erstern Klasse zwischen zwey sich berührenden heterogenen Leitern der zweyten Klasse in Berührung befindet, wohin die Versuche §. 1294. und § 1297. gerechnet werden können.

Wenn der Kreis bloß von zwey Arten der Leiter, so verschieden sie auch sind, und so vielfach auch die Anzahl der Stücke ist, woraus jeder besteht, zusammengesetzt ist, wie Fig. 158 159 160. und 161., so kann kein Kreislauf des elektrischen Fluidums veranlaßt werden: denn die Kräfte sind sich einander gleich, die nach entgegengesetzten Richtungen wirken.

Eben dieß ist auch der Fall, und es wird kein elektrischer Strom veranlaßt, der vermögend wäre, auf die zartesten Nerven Eindruck zu machen, wenn von zwey oder mehrern verschiedenen Metallen sich jedes zwischen Leitern der zweyten Klasse von einerley Art oder nahe von einerley Art befindet, welchen Fall Fig. 162. vorstellt, oder wenn in dem Kreise zwey trockene Leiter von einerley Art, die mit einem feuchten Leiter zwischen sich verbunden sind, durch einen trockenen Leiter von verschiedener Art an ihrem andern Ende verbunden werden, wie Fig. 163.

Wenn aber in dem letztern Falle A und das eine Z nicht unmittelbar sich berühren, sondern ein feuchter Leiter m, der aber von g verschieden ist, sich dazwischen befindet, wie Fig. 164.; dann ist die elektrische Action nicht mehr auf beyden Seiten im Gleichgewichte, und es entsteht nun ein elektrischer Strom. Wenn also g ein präparirter Frosch, ZZ Stücke von Zink, A Silber, und m ein Wassertropfen, ein Stückchen feuchte Morchel, Seife, Kleber, Eyweiß u. dergl. ist: so wird der Frosch in Zuckungen gebracht, sobald man den Kreis vollständig macht.

In dem Falle, den Fig. 165. vorstellt, kann wieder kein elektrischer Strom veranlaßt werden, wegen des Gleichgewichts auf beyden Seiten: dieß findet auch in dem Falle Fig. 166. und 167. Statt.

Aber in den Combinationen, die durch Fig. 168. 169. 170. 171. und 172. vorgestellt sind, sind sich die Actionen, die durch die metallischen Berührungen entspringen, nicht mehr einander entgegengesetzt: folglich entsteht ein elektrischer Strom. In diesen Figuren kann g den präparirten Frosch vorstellen, der von Personen p p mit feuchten Händen gehalten wird, A und Z aber Stücke von Silber und Zink.

Wenn in Fig. 169. a zwischen A und Z fehlte, so würde die Combination mit der in Fig. 167. vorgestellten übereinkommen, und kein elektrischer Strom veranlaßt werden. Man kann daher den Versuch auf eine frappante Art abändern. p im Kreise zur Linken in Fig. 169. sey eine Person, die in der linken feuchten Hand einen silbernen Löffel, worin etwas Wasser a ist, bey dem Stiele hält, und in der rechten auch ein Silberstück A hat. p oben im Kreise zur Rechten halte in der rechten Hand ein Stück Zink, in der linken die untern Extremitäten des präparirten Frosches g, dessen Rumpf von der dritten oder mittlern Person p mit der rechten Hand gehalten wird, während sie in der linken mit einer Stange Zink das Silberstück A der ersten Person berührt. Wenn nun die beyden äußersten Personen ihr Silber und Zink sich trocken berühren lassen, so tritt der Fall Fig. 167. ein, und der Frosch bleibt ruhig; er wird aber lebhaft erschüttert, wenn die eine Person, statt mit dem trockenen Zink eine trockene Stelle des silbernen Löffels zu berühren, das Wasser a darin berührt, wodurch der Fall Fig. 169. hergestellt wird.

In dem Falle Fig. 173. wird, wie man nun leicht einsieht, dadurch, daß zwischen jedem A und Z ein feuchter Leiter a von einerley Art angebracht wird, die Action von beyden Seiten her wieder ins Gleichgewicht gebracht, und also die Entstehung des elektrischen Stromes gehindert.

Fig. 174. stellt den Typus des oben (§. 1294.) beschriebenen Versuchs dar, wo g der präparirte Frosch ist, a a die beyden Gläser mit Wasser,

A den Boden eines einzigen Metalles, und m den Tropfen oder die dünne Schicht von Schwefelleberauflösung, Salzwasser, Scheidewasser u. dergl. vorstellt. Er ist dem Falle der 157. Fig. analog.

Es giebt noch eine dritte Art, das elektrische Fluidum zu erregen, obgleich auf eine weit schwächere Weise, die kaum vermögend ist, einen vollständig präparirten Frosch, der noch starke Vitalität hat, in Zuckungen zu versetzen. Sie besteht darin, daß drey verschiedene Leiter, die bloß aus der zweyten Klasse sind, den Kreis bilden, ohne Dazwischenkunft eines Metalles oder eines Leiters der ersten Klasse. Dieser Fall, weit entfernt, den Grundsätzen Volta's, wie man meinte, zu widersprechen, macht sie nur noch allgemeiner. Fig. 175. stellt diesen Fall vor, wobey t der Schenkel des nach §. 1292. präparirten Frosches oder eigentlich der tendinöse Theil des musculus gastrocnemius ist, der den Rumpf m, oder die Rückenmuskeln, oder auch die Ischiasnerven berührt, indem an die Berührungsstelle Blut, oder viskose, oder seifenartige, oder salzige Feuchtigkeit gebracht ist.

Volta, im neuen Journal der Physik, B. IV. S. 107 ff.

§. 1307. „Jede Verbindung zweyer durch bloße gegenseitige Berührung sich elektrisirender Leiter mit einem dritten, welcher die erregten Elektricitäten theils durch seine Substanz hindurch zu lassen, theils sie aufzunehmen und dadurch chemische Veränderungen so wohl zu erleiden, als auch an den erregenden Leitern hervor zu bringen vermag, nennt man eine einfache galvanische Kette. Kr."

§. 1308. „Die Erregung der Elektricität in der galvanischen Kette, erfolgt gemäß dem Gesetze der elektrischen Vertheilung und je zwey sich durch Berührung elektrisirende Leiter (welche, wenn sie dieses in der galvanischen Kette leisten, Erreger oder Excitatoren des Galvanismus heißen) sind in ihren Wirkungen zu vergleichen: einer sehr schwach geladenen Leidner Flasche, unterscheiden sich jedoch von derselben dadurch, daß sie sich, nach jedesmaliger Entladung ihrer Gegenflächen, so lange wiederum unaufhörlich von selbst laden, als die Substanzen ihrer gegenseitigen Berührungsflächen in ihren Beschaffenheiten keine Aenderung erleiden. Kr."

§. 1309. „Die Entladung der durch gegenseitige Berührung mit den entgegengesetzten Elektricitäten beladenen Erreger, verrichtet in der galvanischen Kette der dritte

(verbindende) Leiter, der in der Regel zu den Leitern der zweyten Klasse gehört, gemeinhin wasserhaltig ist, und der schlechter leiten muß, als die Erreger leiten, wenn er das + E des einen und das — E des anderen Erregers nicht blos hindurchlassen, sondern dieselben in sich aufnehmend zur Ruhe und Gegenstellung und dadurch zum chemischen Wirken veranlassen soll. Kr."

§. 1310. „Außer den oben erwähnten galv. Ketten (§. 1306.), möge folgende zur Erläuterung des Gesagten dienen. Man fülle eine an beyden Enden offene V förmige Röhre mit Wasser, hänge in den einen Schenkel einen Zinkstreifen oder Zinkcylinder, in den anderen einen Silberdrath, so daß die Enden beyder Dräthe sich im Wasser nicht berühren, und verbinde die aus dem Wasser hervorragenden Drathenden mit einander, so hat man eine einfache galvanische Kette aus zwey Leitern erster und einem Leiter zweyter Klasse. Das Zink erhält durch die Berührung des Silbers fortdauernd + E, das Silber dagegen, so lange beyde Metalle außerhalb des Wassers verbunden bleiben, — E und von beyden E strömt der größte Theil anhaltend in das Wasser. Kr."

„Ueber 16 verschiedene Arten galvanischer Ketten, vergl. m. Einleitung in d. n. Chem. S. 105 u. m. vergl. Uebers. d. Syst. d. Chem. S. 18. Kr."

„Eine galv. Kette, wie die obige, heißt eine unterbrochene, zum Unterschiede der ununterbrochenen, welche entsteht, wenn die Metalle sich in der Flüssigkeit berühren. Wandelt man die oben beschriebene in eine ununterbrochene um, nachdem man zuvor das Wasser mit einer Säure, z. B. mit etwas Salzsäure oder Schwefelsäure versetzt und dadurch in einen besseren Leiter verwandelt hat, so erfolgt, vom Augenblicke an, wo sich beyde Metalle berühren, mit merklichem Aufbrausen verbundene Wasserzersetzung, indem am Silberdrathe Wasserstoffgas entbunden und der Zinkdrath schnell oxydirt und aufgelöst wird. Zugleich entbindet sich auch am Zinkdrath etwas Wasserstoffgas, indem ein Theil des Zinks, auch ohne galvanische Erregung von Seiten des Silbers etwas Wasser zersetzt, indeß wird diese Zersetzung unmerklich, wenn man zuvor in den Zinkschenkel so viel Alkali tröpfelt, als ungefähr zur Abstumpfung der Säure dieses Schenkels erforderlich ist. Aendert man den Versuch dahin ab, daß man in den Silberschenkel etwas flüssiges, schwefelsaures Kupfer tröpfelt, während man zuvor das Wasser hinreichend mit Schwefelsäure gesäuert hatte, so erscheinen am Silberdrathe

wenig oder gar keine Gasblasen, dagegen überzieht er sich schnell mit hergestelltem, reinstem, metallischem Kupfer. (Ueber ähnliche Metallreductionen auf galvanischem und auf galv. chemischem Wege, vergl. m. Grundriß der Experimentalphys. B. II. Cap. IV. §. 116 — 120; Müller bey Singer a. a. O. S. 418 u. f. Zimmermann in Schweigger's Journ B. V. S. 337. Fischer in den Denkschriften der Berliner Akad. der Wiss. B. XXI. und bey Singer, S. 426 u. f.) Kr."

§. 1311. „Vollkommen geschlossen ist die galvanische Kette, wenn der dritte Leiter eben so gut leitet, als die beyden Erreger die Elektricität zu leiten vermögen. Es erfolgt dann an keinem der Erreger Anhäufung des einen oder des anderen E, und beyde E gehen an der Substanz des dritten Leiters eben so schnell zu oE über, als sie an den Erregern ausgeschieden wurden, äußern mithin nach Außen keine Wirkungen, sondern verschwinden am oder im dritten Leiter wirkungslos. Kr."

„Merkur leitet die Elektricität ohngefähr 40000 Mal schneller als das Wasser von gleicher Temperatur; sollten nun z. B. die Elektricitäten auf das gen. Metall ähnliche (zersetzende) Wirkungen üben, als auf das Wasser, wenn sie letzteres zersetzen, so müßten sie entweder in derselben Zeit mit 40000 facher Menge in das den dritten Leiter bildende Merkur einströmen (also 40000 Mal so schnell an den Erregern entbunden werden, als dieses bey der Wasserzersetzung der Fall ist), oder das Leitungsvermögen des Merkurs müßte um 40000 Mal verkleinert werden; ersteres scheint möglich zu seyn, letzteres ist unmöglich, weil das bemerkte Leitungsvermögen mit der Natur des Merkurs unmittelbar zusammenhängt, und nur mit deren Umwandelung änderungsfähig werden könnte; vergl. meine Einleit. in d. n. Chem. S. 184 und S. 509. Kr."

§. 1312. „Erwärmung vermehrt in der Regel die Leitung (geschmolzener Schwefel, glühend Glas, siedender Alcohol leiten), Erkaltung mindert sie (Eis isolirt). Warmes Wasser wird schneller zersetzt als kaltes. Kr."

§. 1313. „Im Allgemeinen kann man annehmen, daß wirksame (mit ihren Elektricitäten auf den dritten Leiter chemisch oder — wenn dieser ein mit unverdorbenen Nerven und Muskeln versehener organischer Körper ist — reizend einwirkende) galvanische Ketten entstehen, wenn zwey gute Leiter von ungleicher Leitungsgüte zu Erregern, und ein dritter schlechter, flüssiger oder Flüssigkeit enthaltender Leiter zum schließenden Gliede gewählt wird. Kr."

§. 1314. „Wählt man zum schließenden Bogen der galvan. Kette wäßrige Salzauflösungen, so werden diese in der Regel so zersetzt, daß die Säure als die negative Substanz zum positiven, und die Salzbase als die positive Materie zum negativen Erreger, in obiger Kette (§. 1310.) also erste zum Zink, letztere zum Silber bewegt wird. Enthielten die Salze schwere Metalle aufgelöst, so erfolgen oftmals Reductionen derselben, mittelst des am negativen Erreger (durch vorangängige) Wasserzersetzung angesammelten und frey werden Wasserstoffs, oder auch Hyperoxydationen am entgegengesetzten Pol, mittelst des dort angehäuften und vom positiven Erreger nicht gänzlich absorbirten Sauerstoffs. Waren statt der Salze Säuren in der schließenden Feuchtigkeit zugegen, so werden diese, bey hinreichend starker Einströmung der Elektricitäten auf ähnliche Weise zersetzt, indem ihr säurender (negativer) Bestandtheil (z. B. bey der Salzsäure das Chlor) zu dem positiven und ihr basischer (positiver) Mischungstheil (z. B. bey der Salzsäure der Wasserstoff) zu dem negativen Erreger oder Pol bewegt wird. Kr."

„Die Erreger heißen auch, so fern sie die einzelnen Elektricitäten ansammeln und zu dem dritten Leiter entlassen, die Pole der galvan. Kette; z. B in der obigen Kette (§. 1310.) ist das „Zink" der positive, oder + E, oder Sauerstoff ansammelnde, oder Zinkpol, und das „Silber" der negative, oder — E, oder Wasserstoff ansammelnde, oder Silber-Pol. Kr."

„Bildet man eine Kette aus Metallen, welche das Wasser nicht zersetzen, d. h. von denen keines unmittelbar mit dem Sauerstoff oder Wasserstoff des Wassers sich mischt, so erfolgt die Wasserzersetzung fast unmerklich; indeß scheint in solchem Falle am negativen Pol z. B. Silberpol, etwas Wasserstoffwasser, und am positiven z. B. Kupferpol etwas Sauerstoffwasser gebildet zu werden. Kr."

§. 1315. „Erhitzt man Phosphor und Schwefel unter Wasser bis zum Schmelzen, so wird der erstere gegen den letztern positiv elektrisch, der Schwefel hingegen negativ, beyde zersetzen dann mittelst ihrer Elektricitäten das Wasser, und es erzeugt sich weißes Phosphoroxyd und gasiger Schwefelwasserstoff, indem der positive Phosphor

den negativen Sauerstoff und der negative Schwefel den positiven Wasserstoff bindet. Kr."

„Vergl. m. Syst. der Chem. S. 55. Kr."

§. 1316. „Nach Maaßgabe der Stärke des Vermögens durch Berührung Elektricität zu erregen, und des dritten Leiters die erregten Elektricitäten aufzunehmen, zeigen sich galvanische Ketten entweder höchst wirksam, oder von kaum merkbarer Wirkung. Am wenigsten wirksam sind jene Ketten, welche nur aus Leitern zweyter Klasse bestehen. Ketten aus zwey Leitern zweyter und einem Leiter erster Klasse, zeigen oftmals eine sehr große chemische Wirksamkeit. Es vertritt in ihnen der bessere unter den Leitern zweyter Klasse die Stelle des zweyten fehlenden Leiters erster Klasse, als erregendes Glied der Kette. Kr."

„Vergl. m. Einl. in d. n. Chem. S. 103 u. f. Kr."

§. 1317. „Volta's Versuchen gemäß ist die Erregungsstärke zwischen Zink und Silber = 12; zwischen Silber und Kupfer = 1; zwischen Kupfer und Eisen = 2; zwischen Eisen und Zinn = 3; zwischen Zinn und Bley = 1; zwischen Bley und Zink = 5, woraus folgt, daß die Summe der Erregungsgrößen aller Zwischenglieder gleich ist der Erregungsstärke der äußersten Glieder der Leiter erster Klasse. Zu den besten Leitern zweyter Klasse gehören die Säuren, und Salpetersäure und Ammoniak scheinen die Endglieder der Reihe dieser Klasse zu bilden, deren Erregungsstärke die Summe der Erregungen aller zwischenliegenden Glieder (flüssige Säuren mit wäßrigen Salzbasen, Salzen, und Wasser) darstellt. Kr."

„Vergl. auch Jäger und Bohnenberger in Gilbert's Annalen. B. XLIX. S. 48 und LIII. S. 546 u. f. Kr."

Die Volta'sche Säule.

§. 1318. „Die merkwürdigste Entdeckung der neuern Zeit im Gebiete der Elektricität ist die Volta'sche Säule. Man schichtet Platten von Kupfer und Zink, etwa von der

Größe der Thalerstücke, über einander, und trennt jedes Paar Platten vom folgenden durch eine benetzte Scheibe von Tuch oder Pappe, also durch einen feuchten Leiter. Man legt die Platten von unten hinauf ununterbrochen in der erwähnten Ordnung: Kupfer, Zink, Tuch, Kupfer, Zink, Tuch ꝛc. Nur auf dem obersten Paar der Metallplatten läßt man die Tuchscheibe weg, so daß sich die Säule mit einer Zinkplatte schließt. Um hinlängliche Wirkungen zu erhalten, schichtet man so 50 oder mehr Plattenpaare über einander. Das einfachste Gestelle zum Aufbauen der Säule sind drey lothrechte Glasröhren, die in einem etwas dicken Brete eingekittet sind. An der obersten und untersten Platte ist es bequem, Häkchen zu haben, um Dräthe einhängen, und die hier ausströmende Elektricität leiten zu können. Statt des Kupfers kann man, mit einiger, wiewohl nur geringen Verstärkung, Silber oder Gold nehmen; auch statt der Zinkplatten sind andere Metalle, z. B. Zinn, nicht ganz unwirksam, aber die Wirkung ist doch bey weitem schwächer, Verstärkt wird die Wirkung, wenn man die Tuchscheiben statt des Wassers mit einer Auflösung von Kochsalz oder Salmiak benetzt. Das untere Ende der so gebauten Säule heißt das Kupferende oder der Kupferpol, das obere das Zinkende oder der Zinkpol. F."

„Vergl. oben §. 315. Kn."

§. 1319. „Die merkwürdigsten Erscheinungen, welche man durch eine solche Säule hervorbringen kann, sind folgende:

1) „Alle im Vorigen beschriebenen Versuche, welche durch die Berührung zweyer Metalle an den Gliedern getödteter Thiere oder am lebenden Körper hervorgebracht werden können, zeigen sich sehr verstärkt, wenn man sie vermittelst der leitenden Dräthe beyder Pole der Säule hervorbringt. F."

2) „Faßt man mit der einen Hand den Drath des Zinkpols, mit der andern den Drath des Kupferpols, so

empfindet man eine unangenehme Erschütterung in den Händen. Sie wird stärker, wenn man die Hände vorher in Wasser eintaucht; noch stärker, wenn man in die nassen Hände beträchtliche Metallmassen nimmt, und damit beyde Pole oder ihre Dräthe berührt, deßgleichen, wenn man die beyden Dräthe in zwey Gefäße mit Wasser leitet, und dann das Wasser beyder zugleich mit den Händen berührt. F."

3) Wird der Drath eines Pols an ein sehr empfindliches Goldblatt-Elektrometer gebracht, und der andere Pol mit der Hand berührt, oder überhaupt außer Isolirung gesetzt, so entsteht Divergenz; und zwar zeigt sich die Elektricität des Zinkpols als Glas-Elektricität, die des Kupferpols als Harz-Elektricität. Man hat durch die ausströmende Elektricität Condensatoren und kleine Flaschen geladen, Knallluft dadurch entzündet, Lichtenbergsche Figuren, kurz alle wesentlichen Erscheinungen der Elektricität hervorgebracht. Und obgleich diese Versuche nur mit Mühe gelingen, so lassen sie doch keinen Zweifel übrig, daß das hier wirksame Agens Elektricität sey, obgleich in einem sehr modificirten Zustande. Auch elektrische Funken lassen sich hervorbringen, wenn man an dem einen Pol einen Eisendrath anhängt, und mit dessen zugespitztem Ende den andern Pol, oder auch irgend ein mittleres Plattenpaar berührt. Leichter gelingt der Versuch, wenn man etwas Schaumgold an dem Ende des Draths befestigt. F."

4) „Der merkwürdigste Versuch ist die Zersetzung des Wassers, welche durch die Elektricität der Säule weit leichter und auffallender, als durch die gemeine Elektricität, bewirkt werden kann. Man füllt eine 4 bis 5 Zoll lange, und $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Zoll weite Glasröhre mit reinem destillirten Wasser, und verschließt ihre beyden Oeffnungen mit Korkstöpseln, durch deren jeden ein dünner Metalldrath in das Innere der Röhre geht. Die innern Enden beyder Dräthe nähert man an einander bis auf etwa ein oder zwey Zehntel-Zoll. Diese Röhre setzt man mit dem untern Ende in ein

Glas mit Wasser, und verbindet dann den einen Drath mit dem Zinkpol, den andern mit dem Kupferpol leitend. Die Zersetzung des Wassers fängt sich gewöhnlich wenige Secunden nachher an, nachdem die Kette geschlossen worden, und zeigt sich durch einen Strom kleiner aus den Spitzen der Dräthe aufsteigenden Bläschen. Doch ist der Erfolg etwas anders, nach Beschaffenheit des Metalles, woraus die Dräthe in der Röhre bestehen. Sind sie von Platin oder reinem Gold, so strömen aus beyden Dräthen Luftbläschen, und sammeln sich oben in der Röhre, welche daher unten nicht vollkommen wasserdicht geschlossen seyn darf. Wenn sich oben eine hinlängliche Menge Luft gesammelt hat, und man nimmt den obern Propf ab, und bringt eine Flamme heran, so entzündet sich die Luft mit einer Explosion, wodurch sie sich als Knallluft beweiset. Ist die Röhre gekrümmt in Gestalt eines V, so kann man die bey jedem Drathe ausströmende Luft abgesondert auffangen, und man findet, daß der Zinkpol Oxygengas, der Kupferpol Hydrogengas entbindet. Sind aber die Dräthe der Röhre von Silber, oder von einem unedeln Metalle: so liefert bloß der Kupferpol Luft, und zwar, wie vorher, Hydrogengas; dagegen oxydirt sich das Ende desjenigen Drathes, der mit dem Zinkpol in Verbindung steht, ohne daß das Oxygen in Luftgestalt zum Vorschein kommt. F."

5) „Endlich zeigt sich in der ganzen Säule eine sehr beträchtliche chemische Wirksamkeit, indem nicht nur das Wasser, womit die Tuchscheiben befeuchtet sind, sondern selbst die darin aufgelöseten Salze zersetzt, die Kupfer- und Zinkplatten aber, da wo sie die feuchten Tuchscheiben berühren, auf eine auffallende Art oxydirt werden. Die letzte macht, daß die Wirksamkeit einer Säule nach und nach schwächer wird, und endlich ganz aufhört. F."

§. 1320. „Die Wirksamkeit einer solchen Säule wächst zwar mit der Anzahl der Plattenpaare, aber nicht alle Wirkungen derselben, in gleichem Verhältnisse. Am

auf-

auffallendsten nehmen zu die Wirkungen auf die organischen Körper (Nr. 1. und 2. des vorigen §.), deßgleichen die Fähigkeit, auf empfindliche Elektrometer zu wirken (Nr. 3.). Die chemischen Wirkungen hingegen (Nr. 4. 5.) scheinen in viel geringerem Verhältnisse zuzunehmen, und man findet kaum einen Unterschied in der Wasserzersetzung, ob man 30 oder 50 Plattenpaare schichtet. Auch die Fähigkeit, elektrische Funken zu geben, scheint nicht in gleichem Verhältnisse mit der Höhe der Säule zuzunehmen. F."

§. 1321. „Man macht die kleinen Platten gewöhnlich rund; aber eine veränderte Figur, so wie die Dicke derselben, hat keinen bemerklichen Einfluß auf die Erscheinungen. Dagegen zeigen sich sehr merkwürdige Veränderungen, wenn man die Platten breiter macht. Besonders werden die Lichterscheinungen und die damit verbundenen chemischen Wirkungen sehr auffallend. Schichtet man eine Säule von 50 Paar fünf- bis achtzölligen (viereckigen) Platten, und legt einen Eisendrath mit dem einen Ende an den einen Pol an, so zeigen sich sprühende Funken, wenn man mit dem andern Ende des Drathes dem zweyten Pole nahe kommt. Hängt man an dieses Ende ein Blatt ächtes oder unächtes Schaumgold oder Schaumsilber, kurz, irgend ein sehr dünnes Metallblättchen: so verbrennt dasselbe sehr rasch, und mit einer sehr schönen Lichterscheinung, sobald es den zweyten Pol berührt; und zwar verbrennt jedes Metall mit einer andern Farbe. Setzt man Quecksilber mit dem einen Pol in leitende Verbindung, und leitet dann die Elektricität des andern Pols durch einen Eisendrath auf seine Oberfläche: so verbrennt auch das Quecksilber mit einer sehr lebhaften Lichterscheinung, und verwandelt sich in schwarzes Oxyd. Da diese Wirkungen um so viel stärker sind, als bey kleinen Platten: so ist es auffallend, daß die Erschütterung, welche man bey Berührung beyder Pole empfindet, und überhaupt die Wirkungen auf den Organismus mit der Breite der Platten wenig oder gar nicht zuzu-

nehmen scheinen. Die Wasserzersetzung geschieht merklich rascher, und man kann zu gleicher Zeit mehrere Röhren in Thätigkeit setzen, ohne daß eine die Wirksamkeit der andern zu schwächen scheint. F."

§. 1322. „Alle Naturforscher stimmen gegenwärtig darin überein, daß bey diesen Erscheinungen, nicht, wie viele anfänglich glaubten, eine noch unbekannte Naturkraft wirksam, sondern daß Volta's Behauptung richtig sey, der sie gleich anfänglich bestimmt für bloß elektrische Wirkungen erklärte. Schon vor Galvani's Beobachtungen (§. 1302.) hatte Volta entdeckt, daß die Berührung zweyer ungleichartigen Metalle in beyden entgegengesetzte Elektricität errege; und sobald ihm Galvani's Beobachtungen bekannt wurden, erklärte er diese Erscheinungen für Wirkungen jener Elektricitätserregung, welches sich auch in der That durch alle folgenden Untersuchungen bestätigt hat. Durch eine fortgesetzte Reihe der feinsten Untersuchungen fand Volta ferner, daß die Berührung jeder zwey ungleichartigen Leiter Elektricität errege, daß aber diese Erregung nur zwischen gewissen Metallen beträchtlich, dagegen zwischen den meisten feuchten Leitern so schwach sey, daß man sie fast als Null betrachten könne. Hierauf gründet sich die Eintheilung der elektrischen Leiter in zwey Klassen. Die Leiter der ersten Klasse sind leitend und erregend zugleich (Elektromotoren): hierzu gehören außer den Metallen die ausgeglühete Holzkohle, das Reißbley, und der schwarze krystallisirte Braunstein. Die Leiter der zweyten Klasse sind bloß leitend, und zwar in geringerem Grade, als die der ersten Klasse, und ihre Erregungskraft ist kaum bemerklich. Hierzu gehört besonders das Wasser, und alle nasse mit Wasser durchzogene Körper, als Tuch, Pappe ꝛc. Die Leitungskraft desselben wird durch einige Salze, besonders Kochsalz und Salmiak, merklich verstärkt. Diese Thatsachen waren es, durch welche Volta auf die Construction der Säule geführt wurde: und mit Hülfe der Franklin-

schen Vorstellungsart hat er so sinnreiche Erklärungen dieses elektrischen Processes gegeben, daß es schwer wird, ihnen den Beyfall zu versagen, wenn auch mancher Umstand dabey noch dunkel bleiben möchte. Die hier zu beobachtenden Gränzen verstatten nicht, in das Einzelne dieser Erklärungen überzugehen: wir begnügen uns daher, nur zu bemerken, daß nach Volta in der von allen Seiten völlig isolirten Säule eine ungleichförmige Vertheilung der elektrischen Materie entsteht, deren Spannung vom Kupferpol gegen den Zinkpol in jedem Plattenpaare um eine bestimmte Größe, also im Ganzen in arithmetischer Progression zunimmt; eine Vorstellung, welche sich durch elektrometrische Versuche sehr gut bestätigt. Wird die Isolirung beyder Pole aufgehoben: so entsteht ein Durchströmen der elektrischen Materie vom negativen (also Kupfer-) Pol gegen den positiven (Zink-) Pol; und dieser Strom kehrt in sich selbst zurück, wenn man die Kette schließt. Man findet in Gilbert's Annalen der Physik alle hierher gehörigen Abhandlungen sehr vollständig gesammelt, und im 5. Hefte des 12. Bandes eine systematische Uebersicht derselben. Besonders gehören hierher zwey Abhandlungen von Volta selbst: B. X. S. 421. B. XII. S. 497. Biot's Bericht an das National-Institut, B. X. S. 389; und Pfaffs Darstellung von Volta's Theorie. B. X. S. 219. F."

§. 1323. „Es ist eine durch viele Beobachtungen und Versuche bestätigte Sache, daß bey jeder chemischen Mischung zweyer Stoffe eine Veränderung in ihrem elektrischen Zustande entsteht. Dieß mußte sehr natürlich auf die Vermuthung leiten, daß die chemischen Processe, welche in der Säule selbst vorgehen (§. 1319. 5.) die Quelle der hier wirksamen Elektricität seyn möchten. Volta's Untersuchungen hierüber lassen dieser Vorstellungsart wenig Wahrscheinlichkeit übrig, und zeigen vielmehr, daß umgekehrt eben die Elektricität der Säule die Ursache jener chemischen Processe sey, die indessen doch unstreitig wieder auf die Elektricität

zurückwirken, und sie einigermaßen modificiren. Erman hat außer einer Menge interessanter eigenthümlichen Beobachtungen auch einen Versuch gemacht, die Erscheinungen der Säule, ohne Annahme einer Strömung, aus bloßer Vertheilung der Elektricität zu erklären; m. s. Gilbert's Annalen, B. XI. S. 89. F." „Und mehrere weiter unten zu erwähnende neuere Entdeckungen bestätigen jene Erklärungen vollkommen, wenn man dabey zu erwägen nicht vergißt, daß bey den galvanischen Batterien die Elektricitäten weniger angesammelt, als vielmehr in ihrer Erregung beschleunigt werden.

Kr."

§. 1324. „Erman's Versuchen zu Folge (Gilbert's Ann. B. X. S. 1. B. XI. S. 143. B. XXIII. S. 14.) zeigen die verschiedenen Materien für die auf galvanischem Wege erregte Elektricität ein verschiedenes Leitungsvermögen; und sie zerfallen in dieser Hinsicht in 1) Isolatoren, welche keinem Pole weder zum Lader noch Entlader dienen können; 2) vollkommene Leiter: beyde Pole ladend und entladend, und im letzteren Falle das + E des einen und das — E des anderen zu o E ausgleichend; 3) unvollkommene Leiter: a) bipolare: den vollkommenen Leitern ähnlich wirkend, aber die chemischen Wirkungen der Pole nicht aufhebend; hieher gehören vorzüglich das Wasser, die wäßrigen Lösungen der Salze, der Salzbasen und der Säuren, und wahrscheinlich aller sehr wasserhaltigen Flüssigkeiten: b) unipolare: α) positiv unipolare: das + E leitend und daher den + E Pol entladend, — E hingegen weder aufnehmend noch durchlassend; zu diesen zählt Erman die Flamme des Weingeists, der Naphtha, der fetten und ätherischen Oele, des Bernsteins, Kampfers, Harzes, Wachses, Talgs und des reinen Wasserstoffgases. Die Flamme des reinen Schwefels isolirt, die der Schwefelfäden hingegen leitet positiv unipolar, wegen des Kohlenwasserstoffgehalts der Fadenfaser; β) negativ unipolare: die Flamme

des Phosphors, trocknes Eyweiß, und trockne alkalische Seifen. — Hiervon abweichende Ergebnisse will Delegennes erhalten haben; Journ. de phys. Vol. LXXXII. p. 449. Kr."

§. 1325. „Die große Geschwindigkeit, mit welcher sich die Wirkungen der Volta'schen Batterie fortpflanzen, veranlaßte v. Sömmering zur Erfindung des elektrischen Telegraphen, der jedoch nur für mäßige Fernen anwendbar ist. Kr."

„Schweigger's Journ. B. XV. S. 494. Verbindung mit dem Leitungsapparate des Gaslichts; B XVII. S. 577. Unanwendbarkeit für große Fernen; Gilbert's Ann. B. XXXIX. S. 116. 478. Kr."

§. 1326. „Die Art der Elektricität der Pole einer Volta'schen Säule hängt nicht lediglich von der Natur der Metallplatten, sondern auch von der zum Zwischenschichten gebrauchten Flüssigkeit ab. Dieses beweist die Erfahrung, daß Umkehrung der Pole einer Eisen: Kupfersäule erfolgt, je nachdem sie mit Wasser oder Schwefelwasserstoffwasser gebauet worden ist; a. a. O. B. XXXVII. S. 429. B. XXXVI. S. 332. B. XXXVIII. S. 133. Kr."

§. 1327. „De Luc brachte einen Metalldrath in die Mitte des zwischen beyden Poldräthen befindlichen Wassers, während er mittelst einer besondern Vorrichtung den elektrischen Zustand, sowohl dieses Mitteldrathes, als auch der beyden Poldräthe jeder Zeit zu erforschen vermochte. Der erstere war neutral, wenn der eine Poldrath —E, der andre +E zeigte, gab aber dennoch an seinem einen Ende Sauerstoffgas, am anderen Wasserstoffgas, und fuhr beyde Gase zu geben auch dann fort, wenn er positiv gemacht, und dagegen der positive Poldrath neutral, oder wenn er negativ geladen und statt dessen der negative Poldrath neutral geworden war. Es scheinen diese Versuche zu zeigen,

daß der Mitteldraht abgesehen von der einen oder anderen oder der ausgeglichenen beiderseitigen Ladung, durch das ursprüngliche Gegenwirken der Poldräthe in einen Zustand versetzt werden kann, wo er ähnlich dem Glas zwischen beyden Belegen einer Leidner Flasche — elektrisch erregend und dadurch chemisch zersetzend wirken kann, ohne daß er es zur Ansammlung merklicher Mengen des einen oder anderen E kommen läßt; Singer's Elemente übers. v. Müller S. 233 bis 235. Kr."

§. 1328. „Bey jeder galvanischen Zersetzung feuchter Leiter scheinen außer den anziehenden Wirkungen der Polelektricitäten, auch die abstoßenden nicht minder mächtig mitzuwirken, wodurch sich erklärt, wie die durch Zersetzung ausgeschiedenen Stoffe in oft so beträchtliche Fernen auseinander bewegt werden können. Kr."

§. 1329. „Wenn z. B. lange Röhren füllendes Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff polarisch getrennt wird, so wird der erstere nicht nur darum zum + E Pol bewegt, weil er als negative Substanz gezogen, sondern auch, weil er vom gleichnamigen — E Pol abgestoßen wird, und das Umgekehrte gilt vom letzteren. Auch besitzen die verschiedenen Stoffe verschiedene Capacitäten für das von ihnen zu bindende + E oder — E, und diese Unterschiede können oftmals zu sehr beträchtlichen Umänderungen in den Zersetzungen gemischter wäßrig flüssiger Leiter führen. Es scheinen unter andern hierher zu gehören Davy's Beobachtungen über die Bewegung der im Schließungswasser liegenden Quecksilberkügelchen, welche aufhörte, so wie dieselben Wasserstoffgas entbanden; a. a. O. S. 239. Kr."

§. 1330. „Gerboin's Verfahren an über Quecksilber in Wasser befindlichen Körperchen die Wirkung der elektrischen Anziehung und Abstoßung, in das Wasser reichender (goldner) Poldräthe der Säule auffallend nachzuweisen; Gilbert's Annal. B. XI. S. 30. und B. LV. S. 203. Ritters, v. Hellwigs, Parrot's u. m. A. Beobachtungen

über die Oscillationen, Ausdehnungen und Zusammenziehungen des unter Wasser dem Wirken der Poldräthe preisgegebenen Quecksilbers; m. Experimentalphys. Cap. VI. §. 122. Bem. 11. Parrot's Physik. B. II. S. 537. K."

§. 1331. „Besonders merkwürdig sind in dieser Rücksicht, wie auch hinsichtlich des Verhältnisses der elektrisch-chemischen Anziehung zur mechanischen Cohärenz, Erman's schöne Versuche; Gilbert's Ann. B. XXXII. S. 261. Als Erman eine gut concentrirte eiserne Adhäsionsplatte an dem einen Arm einer Waage ins Gleichgewicht brachte, nachdem er sie einer über Quecksilber stehenden sehr dünnen Wasserschicht fast bis zum Abreißen genähert und die Waage mit dem einen, das Quecksilber mit dem anderen Pol der Säule verbunden hatte, bemerkte er, als er die Säule mittelst eines Hebels schloß, daß sich sogleich die Basis des gehobenenen Wassercylinders auf der Quecksilberfläche ausbreitete (indem sie vom Rande der Platte rund umher hervorschnellte) während die Platte herausgezogen und die mit einigen Unzen beschwerte Waage zu beträchtlicher Neigung gebracht wurde. War hierbey der positive Drath durch die Waage mit der Platte und das Quecksilber mit dem negativen Drath in leitender Verbindung, so war die Bewegung und die Ausbreitung des Wassers noch lebhafter, und die Quecksilberfläche selber gerieth dadurch in kreise Bewegung. Kr."

§. 1332. „Wurde eine auf einer Quecksilberfläche ruhende Wasserschicht nur an ihrer Oberfläche mit dem positiven (Platin-) Poldrath berührt, während der negative Drath ins Quecksilber tauchte, so wurde die ganze Wassermasse senkrecht auf und ab geschleudert, während es sich eben so heftig in horizontaler Richtung ausdehnend und zusammenziehend bewegte. Dabey gerieth die ganze Quecksilberfläche in andauernde consensuelle ringförmige Undulation. Kr."

§. 1333. „Wählte man hingegen statt des flüssigen Quecksilbers eine, auch noch so vollkommen polirte starre Metallplatte, so erfolgte keine Spur von Abplattung des Wassers und mithin auch nicht die mindeste Oscillation. Die durch vermehrte Adhäsion wechselseitig veränderte Krümmung beyder Flächen, ist also das Einleitende des übrigen Theils der Erscheinung. Kr."

§. 1334. „Das Quecksilber muß zu diesen und ähnlichen (a. a. O. beschriebenen) Versuchen vollkommen rein und so getragen seyn, daß seiner Oberflächenverschiebung kein mechanisches Hinderniß erwächst. — Mit der Maschinen-Elektricität gelangen die Versuche nicht; a. a. O. S. 273 u. f. S. 279. Kr."

§. 1335. „Wählt man zu ähnlichen Versuchen in das Quecksilber reichende Kupfer- oder Eisendräthe zu Poldräthen, während man nur wenig Wasser dem entgegengesetzten Drathe bietet, so erfolgt, meinen Beobachtungen gemäß, bis zum Kern ziemlich dicker Dräthe dringende Amalgamation derselben; D. Gewerbsfr. B. II. S. 135 bis 136. Kr."

§. 1336. „Hinsichtlich der Stärke elektrisch-chemischer Wirkungen, hat sich die ältere Ritter'sche Erfahrung; daß sie mit der Quadratfläche der Metallplatten wachse, während sich die gewöhnlichen elektrischen Erscheinungen (bey gleicher Zahl von Plattenpaaren) nicht beträchtlich vergrößern, an Childern's Trogbatterie auffallend bestätigt. In den nächstfolgenden §§. sind die vorzüglichsten Wirkungen dieser Batterie herausgehoben. Sie bestand aus 40 Kupfer- und 20 Zinkplatten, deren jede 6 engl. Fuß lang und 2 Fuß 8 Zoll breit war. Jede Zinkplatte war mit zwey ihr gegenüberstehenden Kupferplatten in eine Zelle des Trogs gesenkt worden, und zur Zellenflüssigkeit diente, theils mit $\frac{1}{41}$ Säure vermischtes Wasser, theils stärker gesäuerte Flüssigkeit. Die Säure war ein Gemisch aus Schwefelsäure und Salpetersäure. Kr."

§. 1337. „Die erste Reihe dieser Versuche betraf die Reihenfolge, in der die verschiedenen Metalle, wenn sie zu Kette schliessenden Gliedern im Kreise der Säule erhoben werden, eher oder später, schwächer oder stärker erglühen; die anderen Versuche waren dazu bestimmt, sowohl die Schmelzbarkeit verschiedener Materien, wie auch ihre anderweitigen chemischen Veränderungen, so weit dieselben von den Elektricitäten der Säule abhängig sind, oder dadurch beschleunigt werden, auszumitteln. Kr."

§. 1338. „Zu den Erglühungs-Versuchen wurden Behufs jedes einzelnen Versuchs zwey Dräthe, aus verschiedenen Metallen, z. B. Platin- und Golddrath jeder $\frac{1}{30}$ Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge habend, gewählt, indem man den einen mit dem am negativen Pol und den anderen mit dem am positiven Pol befindlichen Quecksilber verband, und dann die beyden gegenstehenden freyen Enden umbog, und so in einander hieng. Kr."

§. 1339. „Platin glühte, während der gegenstehende Golddrath unverändert blieb; Gold glühte, während sich Silber unverändert zeigte; Gold und Kupfer glühten beyde roth. Bey Gold und Eisen glühte das letztere, während das erstere keine Aenderung erlitt; bey Platin und Eisen, glühte anfänglich Eisen ohnfern der Berührung, dann kam aber Platin seiner ganzen Länge nach zum Erglühen; endlich nahm die Hitze des Eisens wieder mehr zu und umgekehrt die des Platin ab. Platin und Zink; ersteres glühte, letzteres schmolz nahe am Berührungspunkte; in einem zweyten Versuche kam das Zink nicht zum Schmelzen, ohngeachtet das Platin wie zuvor erglühte. Eisen und Zink; ersteres glühte, letzteres kam nicht zum Fluß. Platin und Bley; letzteres schmolz, ohne daß ersteres zum Glühen kam. Bey Platin und Zinn, war das Verhalten dasselbe, und Silber und Zink zeigte Erglühen des Zinks vor dem Schmelzen, während das Silber dunkel blieb.

Kr."

§. 1340. „Schloß man die Batterie zugleich mit mehrern Paaren solcher Dräthe, so waren die Ergebnisse nicht merklich von den vorhergehenden verschieden. Auch waren die Erfolge dieselben, ob man mit dem positiven Pol den einen oder den anderen der Dräthe in Berührung brachte. Kr."

§. 1341. „Waren in diesem, wie in den folgenden Versuchen beyde Pole genau mit einander verbunden, so war die Kette vollkommen geschlossen und weder Glühung, noch Wärmung, noch chemische Wirkung wurde wahrgenommen; was vollkommen übereinstimmt mit unsern Bemerkungen über die Art, wie die Elektricitäten überhaupt dergleichen Erscheinungen hervorbringen; nemlich, daß sie nur dort merkbare Veränderungen der zwischen ihnen befindlichen Substanzen erzeugen, wo sie aus Mangel an guter Leitung (d. h. von einer Leitung, die so schnell erfolgt, als ihre Zuströmung) sich gegenüber anzusammeln genöthigt werden, was sie zur ruhigen Gegenwirkung bringt, und in diesem Zustande als chemische Potenzen von der größten Entgegengesetztheit wirken macht. Kr."

§. 1342. „Obigen Versuchen zu Folge steht das Leitungsvermögen der Metalle für die Elektricität in folgender Ordnung: Silber, Zink, Gold, Kupfer, Eisen und Platin; indeß ist diese Ordnung darum nicht constant, weil sowohl die bereits angenommene Elektricität selbst, als auch die entstehende verschiedene Wärme, die Leitung für die Elektricität abändern. Uebrigens scheinen Leitungsvermögen für die Elektricität und für die Wärme, bey den Metallen einander gleichen Schritt zu halten. Kr."

§. 1343. „Wurde die Batterie mittelst zweyer gleich langer neben einander liegender Platindräthe geschlossen, von denen der eine $\frac{1}{30}$, der andre $\frac{1}{70}$ Zoll Durchmesser hatte, so kam der dickere Drath zum Glühen; wahrscheinlich weil er mehr Elektricität aufzunehmen, und dagegen verhältnißmäßig von seiner Oberfläche in gleichen Zeiten we-

niger Wärme zu entlassen vermochte, als der dünnere. — Wurden beyde Dräthe zu einem Leiter verbunden, so war die Ordnung des Erglühens die umgekehrte; vielleicht indem nun die Wärme des dickeren Draths zu dem dünneren (als einem Leiter, der besser war als die Umgebung) gelangend, dessen Elektricitätswärme mehrend schneller steigerte, als sie allein für den dickeren das Phänomen der Erglühung zu bewirken vermochte. Kr."

§. 1344. „Nachstehende Versuche wurden mit dem erwähnten Apparate angestellt, nachdem das Säuregemisch des feuchten Leiters beträchtlich verstärkt worden war. Kr."

§. 1345. „Ein Platindrath, $5\frac{1}{2}$ Fuß engl. lang, und 0,11 Zoll dick, wurde seiner ganzen Länge nach bey vollem Tageslichte rothglühend; desgleichen einer von $8\frac{1}{2}$ Fuß Länge. Ein viereckiges Platinstäbchen, $\frac{1}{8}$ Zoll ins Gevierte und $2\frac{1}{4}$ Zoll lang, glühte roth und schmolz zuletzt. Ein cylindrisches, 0,276 Zoll dick und $2\frac{1}{2}$ Zoll lang, wurde durchaus weißglühend. Kr."

§. 1346. „Als man gleiche Gewichtsmengen Quecksilber in zwey Schälchen von gebranntem Thon dergestalt vertheilte, daß das eine Schälchen mit dem einen, das andere mit dem entgegengesetzten Batteriepole in Verbindung stand, und nun beyde Quecksilbermengen mittelst eines Platindraths von einer solchen Länge und Dicke verband, daß die Batterie ihn stets glühend erhielt, zeigte nach zwanzig Minuten das mit dem Zinkpol verbundene Quecksilber eine Temperatur von 121°, das mit dem Kupferpol in leitender Verbindung stehende eine von 112° F. Kr."

§. 1347. „Als Childern in einem spätern Versuche alle Zinkplatten der Batterie von den Kupferplatten dadurch trennte, daß er die Bleystreifen zerschnitt, mittelst welcher sie unter einander verbunden waren, darauf sämmtliche Zinkplatten aufs Neue mit einander durch andere Bleystreifen

in leitende Verbindung brachte, und eben so mit den Kupferplatten verfuhr, und dadurch die ganze Batterie in ein großes Zinkkupferplattenpaar von 1344 Quadratfuß Oberfläche verwandelte, brachte diese große einfache galv. Kette (nachdem die Platten zuvor über der Säure ohne sie zu berühren aufgehängt und beyder Riesenplatten Oberflächen durch einen $\frac{1}{3000}$ Zoll dicken und ohngefähr $\frac{1}{30}$ langen Platindrath verbunden worden waren) als sie im Dunkeln die Säure hinabgelassen wurde, am Platin keine Spur von Glühung hervor (welches vielleicht erfolgt seyn würde, wenn der Drath zwischen zwey dickeren Dräthen sich befunden hätte), während doch in einer anderen, von Wollaston erfundenen Vorrichtung, mit 48384 mal kleineren Platten anhaltendes Glühen erfolgte. Kr."

§. 1348. „Dieser Wollaston'sche Apparat besteht aus einem breit geschlagenen silbernen oder kupfernen Schneidernähring, zwischen dessen 2 Linien von einander abstehenden und ohngefähr 1 Zoll langen Wänden ein Zinkblättchen mittelst Siegellack dergestalt befestigt ist, daß es an keiner Stelle unmittelbar das Silber (oder Kupfer) berührt, sondern an jeder Seite $\frac{1}{4}$ Linie davon absteht. Außerdem befindet sich am Nähringe (oder Fingerhut) ein silberner Henkel, von welchem, so wie von der Zinkplatte ein Platindrath ausgeht; beyde Dräthe durchbohren ein Glaskügelchen und enden sich in einem zweyten Kügelchen der Art. Ueber beyde sich möglichst nahe stehende Platindräthe wird ein anderer höchst dünner (ohngefähr $\frac{1}{3000}$ Zoll dicker) Platindrath angelöthet. — Wird nun dieser kleine Apparat in Säure getaucht (der mit kupfernem Nähring bis zu $\frac{2}{3}$ seiner Höhe in nicht zu schwache Salz- oder Schwefelsäure, der mit silbernem Fingerhut etwa bis zur Hälfte in ein Gemisch von 1 Th. Schwefelsäure und 50 Wasser), so erglüht plötzlich der feine, beyde Platten verbindende Platindrath, und dauert darin mehrere Secunden lang an, so daß man ein Zündhölzchen oder Schwamm darin anzünden kann. Ich

sah ihn 1814 bey Wollaston am hellen Tage deutlich glühen). Kr."

§. 1349. „Es weicht diese kleine Vorrichtung von jener Childern's (§. 1347.) darin ab, daß in Wollaston's Apparat sich der feine Platindrath zwischen zwey dickeren (vergl. §. 1343.) Dräthen befindet, daß die Zinkplatte von beyden Seiten mit einer noch einmal so großen Silberfläche umgrenzt ist, und daß zwischen den Gegenflächen beyder Metalle nur eine sehr dünne Säureflüssigkeits-Schicht liegt. — Uebrigens gewährt unter ähnlichen Umständen ein dickerer Platindrath das Phänomen der Erglühung, wenn man eine 16 Qudratzöllige Zinkplatte mit zugehöriger Kupferscheibe auf die erforderliche Art verbindet, und in ein flüssige Säure enthaltendes Kupfergefäß taucht. Vergl. Gilbert's Ann. B. XXIV. S. 1 ff.; Berlinisches Jahrb. f. d. Pharmacie u. 1817. S. 223 u. f., und Schweigger's Journ. B. XVII. S. 335. Kr."

§. 1350. „Als Childern sehr dünne Streifen Holzkohle mittelst der oben erwähnten Batterie zum starken Rothglühen brachte, und sie also glühend in Chlorgas, und in einem anderen Versuche in Stickgas erhielt, bewirkten sie keine Aenderung dieser Gase; vergl. hiermit §. 866. — Läßt man die einander bis auf 1 bis 2 Linien genäherten Dräthe der Batterie innerhalb einer Talgkerzenflamme sich mit Ruß belegen (wobey sich die von Ritter bemerkten Rußdendriten bilden; meine Experimentalphys. Cap. VI. §. 122.) und schließt dann die Kette durch Berührung der bewußten Drathenden in der Flamme, so verbrennt die Rußkohle mit lebhaftestem Weißlicht. Kr."

§. 1351. „Childern legte auf das Quecksilber der mit den Polen der Batterie verbundenen Gefäße (§. 1346.) eine gut gebrannte, oben ausgehölte Holzkohle, brachte in die Vertiefung, die in nachstehenden Versuchen bemerkten Metalloxyde, schloß die Kette mit einem zweyten Stück Kohle, welches durch dicken Kupferdrath mit dem anderen

Quecksilbergefäß in leitender Verbindung stand und erhielt theils Schmelzungen, theils Verflüchtigungen und theils Herstellungen sonst sehr feuerbeständiger, und schwer reducirbarer Oxyde und Oxydgemische. Kr."

§. 1352. „Jedes in bemerkter Hinsicht versuchte Metalloxyd wurde vor dem Versuche in einem Kohlentiegel, bey starker Ofenhitze geglüht. — Scheeloxyd schmolz und bildete zum Theil einen metallisch glänzenden, gräulich-weißen, dichten und sehr brüchigen Körper; Tantalsäure floß nur dem beträchtlich kleineren Theile nach zu röthlichgelben, sehr brüchigen Körnern; Uranoxyd schmolz gänzlich, aber ohne Metallglanz zu zeigen (der übrigens nicht immer auf Reduction deutet; wie schon das natürliche schwarze Manganoxyd lehrt). Eben so verhielt sich Titanoxyd; stärker erhitzt brannte es unter Aussprühung glänzender Funken. Cereriumoxyd kam in Fluß und brannte, als es heftig erhitzt war, mit einer großen, lebhaften, weißen Flamme, wobey es sich zum Theil verflüchtigte; nachdem das geschmolzene Oxyd einige Stunden lang der Luft ausgesetzt gewesen war, bildete es ein hellbraunes Pulver, welches viele kleine, silberglänzende Theilchen enthielt und einen dem Phosphorwasserstoff ähnlichen Geruch entwickelte. Molybdänoxyd schmolz und reducirte sich leicht, ein sehr brüchiges, stahlgraues Metall darstellend, welches bald purpurfarben anlief. Osmiumhaltiges Iridium schmolz zu einem sehr porösen (und bey dieser Porosität 18,68 spec. Gew. zeigenden) weißen und lebhaft metallisch glänzenden Kügelchen. Rubin und Sapphir schmolzen nicht. Blauer Spinell verschlackte; Talkerde backte zusammen; norwegischer Zirkon schmolz unvollkommen; Quarz, Kieselschiefer und Graphit blieben unverändert und Gadolinit floß zu einem Kügelchen. Kr."

§. 1353. „In den Einschnitt eines reinen weichen Eisendraths wurde Demantpulver geschüttet, darin durch Umwickelung mit feinen Eisendräthen fest gehalten, die ganze

umwickelte Drahtstelle mit Talkbutter umstrichen, und so vorbereitet den Poldräthen der großen Batterie preisgegeben. Zum Rothglühen gelangt, ließ man ihn 6 Minuten darin, und fand nun, nach Oeffnung des Draths, das Demantpulver nicht mehr, dagegen aber die innere Oberfläche des Eisens durch Schmelzung voller kleiner Höhlen (ohnerachtet es nur eine mäßige Hitze erlitten hatte) und alle von Demantpulver berührt gewesenen Stellen in reinen blasigen Stahl verwandelt, der bis zum Rothglühen erhitzt und in Wasser abgelöscht, so hart wurde, daß er Glas ritzte und von der Feile nicht angegriffen wurde. Kr."

§. 1354. „Setzt man thierische oder vegetabilische feuchte oder flüssige Substanzen der Wirkung der galvan. Säule aus, so erleiden sie schnell Veränderungen, welche zunächst in den Wirkungen des zersetzten Wassers und zum Theil auch der in ihnen enthalten gewesenen und durch die Elektricitäten zersetzten Salze (vergl. Hisinger's und Berzelius Versuche; Gehlen's N. A. Journ. d. Chem. B. I. S. 116 ff.) ihren Grund haben. v. Arnim sah, unter ähnlichen Bedingungen, Pflanzenschleim schnell faulen (wie auch v. Humboldt's und Ritter's Beobachtungen zu Folge Froschpräparate, welche zum Schließen einfacher galvanischer Ketten gebraucht worden, eher faulen, als nicht galvanisirte), und Bier und Wein bald sauer werden. Aehnlich diesen Substanzen verhielten sich in v. Arnim's u. A. Versuchen die meisten thierischen Substanzen. Frisches Blut wurde am Zinkpol röther, während es gerann; am Kupferpol hingegen fast schwarz, indem es flüssig blieb. Parrot sah Muskelfaser am + E Pol Fett, am − E Pol Gallerte absetzen. Brugnatelli bemerkte am letztgenannten Pole Milchzucker aus Milch geschieden, während dieselbe am entgegengesetzten Pole gerann etc.; m. Experimentalphys. a. a. O. Bem. 11. ff. Kr."

§. 1355. „Schon Simon, Erman, Ritter u. m. A. hatten bald nach Erfindung der Voltaschen Batte-

...ie mit Hülfe derselben kleinste Mengen an Salzbasen gebundene Salzsäure, im gewöhnlichen destillirten und noch mehr in Wasser gefunden, welches über thierischen Materien (Rindsblase, Seide rc.) gestanden, oder überhaupt mit organischen Substanzen, wenn auch nur spurenweise geschwängert gewesen war. Pachiani, ähnliche Wahrnehmungen machend, glaubte aus seinen Versuchen folgern zu müssen, daß das Wasser am + E Pol in Salzsäure, am — E Pol in Alkali (Natron) verwandelt werde; a. a. O. Bem. 11) c. Um darüber zur Entscheidung zu gelangen, wiederholte H. Davy jene Versuche unter mancherley Abänderungen, und indem er fand, daß die angeblich erzeugte Salzsäure ein Educt sey, den Röhren entstammend, welche zum Wasserbehälter in Pachiani's Versuchen gedient, daß bey dergleichen Versuchen Salzsäure aus Körpern geschieden werden könne (wiewohl in kleinsten Mengen) in denen man sonst keinen Salzgehalt anzunehmen pflege (z. B. in Gesteinen älteren Gebirges, was mit zum Beweise für die Absetzung z. B. des Granits rc. aus Meerwasser benutzt werden kann), daß sie selbst harzenen, wächsernen, gläsernen rc Röhren galvanisch entziehbar sey, hingegen in rein metallenen (platinenen, goldenen rc.) Röhren nicht zur Darstellung gelange, und daß das Stickgas der dem Wasser beygemischten atmosphärischen Luft, unter bemerkten Umständen, Salpetersäure und Ammoniak entstehen machen könne, ward er im Verfolg dieser seiner der Pachiani'schen Hypothese gewidmeten Versuche zu einer der wichtigsten Entdeckungen in der neueren Physik und Chemie zur Darstellung der leichten Metalle (oben S. 69.) oder sogen. Metalloide (Alkali- und Erdmetalle) geleitet. Kr."

§. 1356. „Den 19. Nov. 1807 theilte Humphry Davy der Königlichen Societät zu London Versuche mit, welche erwiesen, daß Kali und Natron (wenn eines dieser Alkalien mit sehr wenig Wasser leitend gemacht den Poldrathen einer starken Volta'schen Batterie preisgegeben wür-

würden) am negativen Pole, mit Hülfe des daselbst aus galvanisch zerlegtem Wasser geschiedenen Wasserstoffs, in Form sehr leichter, flüssiger und höchst verbrennbarer Metalle dargestellt, oder vielmehr in diese Metalle (Kalium und Natronium; oben S. 69 u. f.) und in Sauerstoff zerlegt würden. Seine Entdeckung wurde von deutschen, englischen, französischen und von fast allen experimentirenden Chemikern und Physikern des gebildeten Europa sehr bald bestätigt, und nicht lange darauf auch auf die übrigen Alkalien und Erden ausgedehnt. Kr."

§. 1357. „Childern, auch hieher gehörige Versuche mit seinem großem Trogapparate anstellend, beobachtete Folgendes. Wurde trocknes Aetzkali zwischen zwey Kohlenstückchen in den Kreis der Batterie und dadurch in eine sehr starke Hitze gebracht, so schmolz es, und schien sich zu zersetzen, indem es eine lebhafte, purpurrothe Flamme (ähnlich der des verbrennenden Kaliums) verbreitete. War das Kali feucht, so erfolgte nur Wasserzersetzung. Kr."

§. 1358. „Am leichtesten stellt man das Kalium galvanisch dar, wenn man ein nur wenig feuchtes Stück Aetzkali, auf einem mit dem — E Pol verbundenen Platinplättchen (in einer besondern dazu gehörigen Vorrichtung; vergl. m. Experimentalphys. Cap. VI. 2te Aufl.), oder statt dessen in einem mit dem erwähnten Pole verbundenen silbernen Löffel liegend, den + E Drath damit in unmittelbare Verbindung setzt. Sonst kann man auch etwas Kali auf einer Glasplatte zwischen beyde Poldräthe so legen, daß beyde innerhalb des wenig feuchten Kali (oder Natron, oder Lithion) ohngefähr um 1 Linie von einander abstehen. Kr."

§. 1359. „Wählt man zum — E Drath Eisen und setzt dasselbe mit ein wenig Quecksilber in leitende Verbindung, das auf Glas (z. B. auf der Höhlung des umgekehrten Bodens eines Kelchglases) in Form eines Kügelchens ruht, belegt oder umlegt dieses Kügelchen mit etwas Kali (oder, bey sehr starken Batterien, mit etwas gefeuchtetem

Erde z. B. Talkerde) und verfährt mit dem + E Drath wie oben, so erhält man die leichten Metalle in Verbindung mit Merkur als Amalgame. Davy, Berzelius, Pontin u. m. A. haben auf diesem Wege die meisten Erd- und sämmtliche Alkalimetalle amalgamirt; vergl. m. Experimentalph. a. a. O. und Singer a. a. O. Müllers Zusätze daselbst S. 416 ff. Kr."

§. 1360. „Wählt man statt der feuerbeständigen Alkalien oder der Erden Ammoniak (z. B. kohlensaures) so erhält man im letzteren Versuch das sog. Ammonium-Amalgam; aus demselben oder auch ohne Beyhülfe des Quecksilbers „Ammoniakmetall" (Ammonium) darzustellen, ist bis jetzt vergeblich versucht worden. Indeß ist es auch gerade nicht nothwendig, daß eine Materie metallen sey, um sich amalgamiren zu können, und es kann das Ammoniak als solches in dem sog. (sehr aufgequollenen) Amalgame enthalten seyn. — Morphium (§. 857.) scheint eine ähnliche Verbindung zu gewähren. Kr."

§. 1361. „Sehr glänzend sind die mit Hülfe mäßig starker Säulen zu Stande zu bringenden Verbrennungen des ächten und unächten Blattgoldes (zu bräunlichem Oxydule) und Blattsilbers, Stanniols, laminirten Zinks, Kupfers, Eisens, Bley's, des Eisendraths, Kupfer- und Messingdraths, des gepulverten Wismuths, Stibiums ec., wenn man erstere an den positiven Poldrath hängt und letztere auf die obere Zinkplatte streut, und mit dem — E Drath diese Metalle berührt. Sie brennen dabey unter Spendung des lebhaftesten Farbenlichtes, das besonders bey Silber (in atmosphärischer Luft) schön grün, beym Golde gelblichweiß, beym Zinn bläulichweiß, beym Eisen roth ec. auszufallen pflegt. Kr."

§. 1362. „Auf ähnliche Weise (besonders mittelst des als schließendes Glied zu benutzenden Blattgoldes) lassen sich Weingeist, Aether, Phosphor, Schwefel, fein geriebenes Schießpulver, feiner Kohlenstaub ec. entzünden.

Stärkere Säulen verbrennen Platindrath und zünden zwey Kohlenspitzen (§. 1351.) letztere selbst unter Wasser. — In allen diesen Fällen wirkt sowohl die erzeugte Wärme, als auch die durch Elektrisirung eingetretene Erhöhung der chemischen Anziehung der Brennbaren zum Sauerstoffe (oder zu dessen Vertretern). Wählt man zu Poldräthen zwey Eisendräthe, und nähert diese mit ihren zustehenden Enden, so verbrennen sie (am +E Drath mit rothem strahlendem Funkenlichte) und finden sich nach der Berührung an einander geschweißt. Kr."

§. 1363. „Gießt man etwas Quecksilber in eine kleine winklig gebogene Glasröhre, leitet darauf den einen eisernen Poldrath der Säule so hinein, daß er nur in das in dem einen Schenkel der Röhre befindliche Quecksilber Behufs der leitenden Verbindung mit diesem Pole taucht, und führt nun den anderen ebenfalls eisernen Poldrath zur Quecksilberoberfläche des anderen Schenkels, so verbrennt ein Theil des Quecksilbers mit purpurner, ein Theil des Eisens mit rother Flamme. A. a. O. und Gay-Lussac und Thenard in Gilbert's Ann. B. XXXVIII. S. 121. Kr."

§. 1364. „H. Davy benutzte zu seinen Versuchen vorzüglich den großen Trogapparat der Royal-Institution zu London, der aus 2000 vierzölligen Zink-Kupfer-Plattenpaaren besteht. Kohlenspitzen mußten bey demselben bis zu $\frac{1}{30}$ oder $\frac{1}{40}$ Zoll genähert werden, bevor sich irgend ein Licht zeigte; wie nun aber diese Spitzen durchgängig glühten, so fuhr ein anhaltender Lichtstrom zu spielen fort, wenn sie jetzt auch nach und nach selbst bis zur Abstandsweite von fast 4 Zoll von einander entfernt wurden. Der Lichtstrom nahm die Gestalt eines in der Mitte breiten, gegen die Kohlenspitzen schmal zulaufenden Bogens an, entwickelte heftige Hitze und zündete augenblicklich jede in ihn gebrachte oxydirbare Substanz. Demantstückchen und Graphit verschwanden, indem sie ohne merkbare Schmelzung zu verdunsten schienen, auch selbst, wenn sie von der

verdünnten Luft eines ausgepumpten Recipienten umgeben waren. Kr."

§. 1365. „Dicke Platindräthe flossen in diesem Bogen zu großen Kügelchen, und Sapphir, Quarz, Talk und Kalk kamen darin zum Fließen. — War die umgebende Luft verdünnt, so entlud sich die Batterie in größerer Weite, und der Lichtbogen konnte bey solcher Umgebung der Kohlenspitzen bis zu 7 Zoll verlängert werden. Ein Apparat von hundert Plattenpaaren, jedes 6 Zoll ins Gevierte, gewährte ähnliche Phänomene, jedoch im kleineren Maaßstabe. Kr."

§. 1366. „Taucht man die Kohlenspitzen des letzt gedachten Apparats in Oel, Weingeist, Aether oder in Naphtha, ohne sie auf die Oberfläche zu bringen, so erfolgt nicht Entzündung, sondern Zersetzung der genannten Flüssigkeiten. Läßt man statt der Kohlenspitzen feine Dräthe in die (und jede andere) Flüssigkeit (mit Ausnahme des Quecksilbers) als Poldräthe der Batterie senken, ohne daß sie darin einander zu nahe kommen, so bringen sie dieselbe ins Sieden. Singer a. a. O. S. 252 — 254. Kr."

§. 1367. „Spannt man einen feinen Platindrath in einem auf der Luftpumpe stehenden Recipienten, und bringt ihn durch Verbindung mit den Polen einer hinlänglich wirksamen Batterie zum Dunkelrothglühen, so nimmt sein Licht an Lebhaftigkeit zu, in dem Maaße, wie die Luft verdünnt wird, bis er endlich weißglüht. Läßt man nun wieder Luft in den Recipienten treten, so wird er wieder dunkler und endlich so dunkelglühend, wie er beym Anfange des Versuchs war. Erneuete Verdünnung der Luft erhöht wieder seine Gluth, während sie durch abermalige Verdichtung geschwächt wird. Es lassen sich diese Wirkungen mehrmals wiederholen, unter sich stets ein gleiches Verhältniß behauptend, wiewohl bey jeder Wiederholung an Intensität verlierend. A. a. O. S. 256. Kr."

§. 1368. „Als Singer (a. a. O.) in Wasserstoffgas aufgespannten Platindrath mit der Batterie in Verbindung setzte, zersplitterte derselbe, im Momente da die Kette geschlossen wurde, in eine Menge feiner Fasern. Wiederholte Versuche gaben das Phänomen nicht zum zweyten Mal. (Ich sah zu Schließungen einfacher wie zusammengesetzter Ketten oder Batterien oft gebrauchte Platin- und Golddräthe sehr spröde werden, so daß sie nicht gebogen werden konnten, ohne zu zerbrechen, ohnerachtet sie vollkommen metallisch glänzend geblieben waren und nicht etwa durch zufällig in schließenden Flüssigkeiten entbundenes Chlor merkbar angegriffen zu seyn schienen.) Kr."

§. 1369. „Hat man in dem §. 1367. beschriebenen Versuche den Recipienten nach der Auspumpung mit Schwefelwasserstoffgas gefüllt, und die Vorkehrung getroffen, daß statt des Platindraths entgegenstehende Kohlenspitzen die Funken einer starken Batterie durch das Gas überschlagen lassen, so wird das Gas zersetzt, indem sich Schwefel (die innere Fläche des Ballons stäubend) unter schönem Lichtglanze ausscheidet. Auf gleiche Weise wird das Phosphorwasserstoffgas, unter Niederschlagung von Phosphor, und das Arsenikwasserstoffgas, unter Fällung von Arsenik zersetzt. A. a. O. Kr."

§. 1370. „Bey der Wiederholung des ursprünglich Volta'schen Versuchs: Das Quecksilber in einer schiefliegenden (etwa 6 Zoll langen und ½ bis ¾ Zoll weiten) Glasröhre unter Wasser, mittelst Eisendräthen, welche zu den Polen der Batterie führten, in Oscillation zu versetzen (§. 1331. ff.) bemerkte Ritter (Gilbert's Ann. B. VIII. S. 297. und Voigt's Magaz. B. II. S. 370.), daß das Quecksilber am negativen Pol (also als Fortsetzung desselben) flüssiger und am positiven Pol zäher wurde; ersteres auf Hydrogenisation, letzteres auf Oxydation durch die Bestandtheile des zersetzten Wassers deutend. Einige haben aus ähnlichen Phänomenen folgern wollen, daß im

flüssigeren Quecksilber nicht der Wasserstoff selbst, sondern dessen angebliche metallische Grundlage (das sogen. Wasserstoffmetall oder Wassermetall: vergl. m. Einleitung in die neuere Chemie. Halle 1814. 8. S. 418.) enthalten sey; indeß würde man dann auch mit nicht geringerem Rechte dem das Quecksilber zähmachenden Sauerstoffe eine metallische Grundlage (Sauerstoffmetall) zugestehen müssen. — Aehnliche Erscheinungen gewähren auch leichtflüssige Metallgemische, aber noch mangelt bey allen dergleichen Versuchen die chemische Untersuchung der auf bemerkte Weise veränderten Metalle; m. Experimentalphys. B. II. Cap. VI. Bem. 11. S. 6. Kr."

§. 1371. „Setzt man in gläsernen Röhren gehaltene sehr verdünnte wäßrige Lösungen von reinen Metallsalzen den Wirkungen der goldenen (platinenen, silbernen ꝛc.) Poldräthe nicht zu starker Batterien aus, so erfolgen gewöhnlich an dem Kupferpol metallische Niederschläge oder sogen. Metallvegetationen, die hinsichtlich der Schönheit, Reinheit und Zartheit alles übertreffen, was auf ähnlichem Wege mittelst einfacher galvanischer Ketten, oder durch chemische Reductionsmittel an Niederschlägen der Art gewonnen werden kann. Nur muß man die Wirkungen der Säule nicht sogleich erwarten, sondern mehrere Stunden, auch wohl Tage harren, bis aus der sehr verdünnten Metallsalzlösung, bey möglichst großem Zwischenraum zwischen den Poldräthen innerhalb der Flüssigkeit, ein schöner Metallbaum krystallisirt. Kr."

„Ueber die vermuthlichen galvanischen Metallniederschläge zur Bildung der Gänge und Erzlager; vergl. meine Beyträge. B. I. S. 164 u. ff. Kr."

§. 1372. „Am glänzendsten schlägt sich unter den bemerkten Bedingungen das Gold am Hydrogenpol nieder, und hier, wie in allen ähnlichen Fällen, ist es der an diesem Pol ausgeschiedene und angesammelte Wasserstoff, der elektrisch geladen in seiner Anziehung zu dem Sauerstoffe des

aufgelösten Metalles erhöht, mit demselben sich zu Wasser wieder verbindet, bevor er in Gasform zu erscheinen vermag. Kr."

§. 1373. „Fast durchsichtig fallen die Metallvegetationen, wenn die Lösung des Metallsalzes sehr verdünnt war. So giebt das Silber, Bley, Zinn- und Wismuth, gelblich-, bläulich-, gelblich-, röthlichweiße, stark durchscheinende Metallspitzchen und Blättchen von ungewöhnlicher Zartheit. Weniger ist dieses der Fall beym Cadmium, Kupfer, Nickel und Kobalt. Kr."

§. 1374. „Ritter beobachtete außerdem, daß am entgegengesetzten (Zink-) Pol mit Sauerstoff übersetztes Silber (Hyperoxyd des Silbers) aus der Silberauflösung am bemerkten Poldrathe abgelagert wurde; auch sah er am Kupferpol schon gefällete Metalle mit Wasserstoff sich zu festen, metallisch glänzenden, dunkelfarbenen Niederschlägen vereinigen, sogenannte Hydrogenmetalle oder Metall-Hydrüre bildend; Gehlen's N. A. Journ. B. III. S. 561 bis 563. Ruhland erhielt bey der Wiederholung dieser Versuche ebenfalls das Hyperoxyd des Silbers, aber nicht jenes des Bley's und keine Hydrogenisation edler Metalle, sondern nur vom Wismuth, Stibium, Arsenik und Zink; Schweigger's Journ. B. XV. S. 411 ff. — Es scheint bey der Bildung der hydrogenirten edlen Metalle sehr auf das rechte Maaß der Wirksamkeit der Säule anzukommen; Wismuth gab mir bey einem ähnlichen Versuche etwas Wismuthwasserstoffgas, von eigenthümlichem, dem Schwefelwasserstoff einigermaßen ähnelndem Geruche. — Merkwürdig ist der Metallglanz der Hyperoxyde, den auch jenes des Bley's, meinen eigenen Beobachtungen zu Folge, sehr merklich besitzt. Kr."

„Ueber das merkwürdige Verhalten des Tellur's als negativer Pol im Kreise der Säule, wo es nach Ritter mit Wasserstoff vereint als braunes Hydrüre sich abscheidet, Gehlen's Journ. B. V. S. 447. Davy in Schweigger's Journ. B. III. S. 346. Ueber Metallegirungen z. B. Messingbildung auf galvan. Wege; Gehlen's Journal B. VII. S. 736—740. Kr."

§. 1375. „Schließt man eine galvanische Säule, daß man die Dräthe beyder Pole gegenseitig bis auf einen geringen Abstand nähert, so sieht man in sehr kleinen Schlagweiten positive und negative elektrische Funken, welche zu einem größern Funken sich vereinigen; Gilbert's Annalen. B. VII. S. 157. Ritter sah die Funken auch in der Flamme; a. a. O B XIII. S. 25. Davy in Schwefelsäure, Salpetersäure und in Wasser; a. a. O. B. XII. S. 355. Verbindet man die Poldräthe einer galvan. Säule, welche nicht stark genug ist, um jene Funken zu erzeugen, den einen mit der innern, den anderen mit der äußern Belegung einer gewöhnlichen elektrischen (Leidner Flaschen) Batterie von wenigstens 12 Quadratfuß Beleg, so wird diese so schnell geladen, daß man ihr vermittelst eines feinen, mit dem äußeren Beleg verbundenen Eisendraths, wenn man mit dessen anderem Ende den Knopf der innern Beleгung abwechselnd berührt) in schneller Folge Funken entziehen kann. Bey 300 bis 400 Plattenpaaren, sprühen diese Funken aus den Eisendrathenden gewaltsam hervor, und bey 1000 Plattenpaaren erregen sie ein deutliches Knistern, vermögen Metallblättchen zu zünden, ohnerachtet dieselbe mit Flußwasser gebaute Säule (oder Trogapparat) für sich die letztere Wirkung nicht hervorbringt. Kr."

§. 1376. „Als Singer auf ähnliche Weise mit einem aus 400 Plattenpaaren, das Paar von 4 Zoll im Quadrat bestehenden (Flußwasser haltigen) Trogapparate experimentirte (dessen Poldräthe sichtbar auf das Elektrometer wirkten, ohne für sich einen verbrennlichen Körper zu entzünden), gelang es, eine elektrische Batterie dergestalt mit den Elektricitäten der Poldräthe zu laden, daß er Phosphor und Knallquecksilber mittelst der Funken zu entzünden vermochte. Singer, Elemente. S. 207. — Hingegen vermochte Children mit seiner erwähnten großplattigen (aus 40 Kupfer- und 20 Zinkplatten, jede zu 6 engl Fuß Länge und 2 Fuß 8 Zoll Breite, bestehenden) galvanischen Batterie, gemäß ihrer

geringern Zahl von Plattenpaaren, selbst während ihrer höchsten Wirksamkeit keine Leidner Flasche zu laden; a. a. O. S. 463. Kr."

§. 1377. „Schon Volta fand, daß ein nasser Papierstreifen, der mit seinen beyden Enden die beyden Enden der Pole der Säule berührte, von derselben eine Ladung erhielt, die noch nach Entfernung des Streifens fortdauerte, und hinreichte in einem Froschpräparate Contractionen zu bewirken. Späterhin beobachtete Gautherot eine ähnliche Ladung an den von der Säule entfernten Poldräthen, und Ritter versuchte eine sogen. Ladungssäule (sekundäre Säule) aus abwechselnden Schichten von feuchten Leitern und Kupferplatten zu construiren, indeß wirkte dieselbe nicht sowohl vermöge der von Außen empfangenen, als vielmehr mittelst der in ihr selbst erzeugten Elektricitäten; vergl. m. Experimentalphysik. B. II. §. 122. Bem. 19. Kr."

§. 1378. „Hat man eine Leidner Flasche mittelst einer vielplattenpaarigen galvan. Batterie geladen, so kann man leicht die Lichtenbergischen Figuren mit den ursprünglichen galvanischen Elektricitäten darstellen; Erdmann und Hellwig bedienten sich zu gleichem Zwecke zweyer Condensatoren; a. a. O. Unmittelbar stellte sie Ritter dar, indem er den eisernen Zinkpoldrath einer vielplattigen Säule in das in einer Schaale befindliche Quecksilber leitete, und dann mit dem eisernen Drath des Silberpols die Kette dergestalt schloß, daß er den Quecksilberspiegel in einiger Entfernung vom Zinkpoldrath berührte; bey jeder Berührung bildete sich eine + E Figur in Form eines Sterns von schwarzem Quecksilberoxydul, und wenn er mit dem anderen Poldrathe durch Berührung des Merkurspiegels die Kette schloß, während der Zinkpoldrath das Merkur auf bemerkte Weise mit dem Zinkpole in leitender Verbindung erhielt, so kam die Figur des — E, in Form von Ringen und runden Flecken; a. a. O. Bem. 6. Kr."

§. 1379. „Ritter bemerkte, daß die Schläge einer Säule stärker ausfallen, wenn man den Sauerstoffpol mit

einer mit Zink armirten feuchten Hand, und den entgegengesetzten Pol mit einer mit Silber oder Platin armirten feuchten Hand schließt, als wenn man umgekehrt verfährt. Demselben Beobachter zu Folge findet auch beym Schließen ein relativer Gegensatz statt, sowohl hinsichtlich des Gefühls, als auch hinsichtlich des Geräusches, welches man im Ohre empfindet, wenn man mit dem einen oder anderen Pole schließt. (Letztere Versuche fordern viel Vorsicht.) Einen ähnlichen Gegensatz beobachtete er auch hinsichtlich der (blauen und röthlichen) Farbe, sowohl beym abwechselnden Schließen mit dem einen oder dem andern Pol, wie auch beym Wechsel zwischen Schließen und Oeffnen der Kette, wenn man das Auge (oder vielmehr in seiner Nähe befindliche Gesichtstheile) mit in den galvanischen Kreis bringt. Wie ähnliche Gegensätze auch dem Geruch und Geschmack sich verrathen, lehrte schon die einfache Kette. A. a. O. Bem. 1. und 13. Kr."

§. 1380. „Zu dem früher schon bemerkten Unterschiede des Eindrucks, den die Entladung einer Leidner Flasche und die einer galvanischen Batterie auf den entladenden Menschen hervorbringen (§. 1319) fügen wir hier noch hinzu, daß die Elektricität der beyden Pole des großen galvanischen Apparats, den die Pariser Physiker benutzten (Gilbert's Ann. B. XXXII. S. 51 u. B. XXXVIII. S. 156) kaum eine Reihe von 4 bis 5 Personen durchdrang, während selbst der Schlag einer mäßig-großen Leidner Flasche eine beliebig lange Reihe von Personen, ohne merkliche Minderung der Erschütterungsstärke durchzuckte. Kr."

§. 1381. „Noch hat man die Wirkung der galvanischen Säule nicht so weit gesteigert, daß man größere Thiere damit zu tödten vermocht hätte, was doch schon mit nicht sehr großen elektrischen Batterien gelingt. Auch sind die Schläge der Leidner Flasche für die meisten kleineren Thiere plötzlich und ohne Andauer heftig erschütternd, während starke galvan. Säulen andauerndes krampfhaftes Zucken zu

Wege bringen; und endlich wird die Wirkung der Leidner Flasche auf die in ihren Entladungskreis gerathenen lebenden Menschen und Thiere merklich geschwächt durch Zwischenlagerung von Feuchtigkeit (zwischen Beleg und Thier), die der galvan. Säule hingegen durch dasselbe Mittel erhöht. Kr."

§. 1382. „Es fragt sich, ob die Elektricität wirklich dieselbe bleibt, wenn sie der Anziehungsäußerung cohärenter Körper anhaltend ausgesetzt wird, und ob sie selbst nicht etwas von der Materie solcher Körper zur Mitverflüchtigung bringt? Vielleicht verhält sich die Elektricität der galvanischen Kette und Säule zur gewöhnlichen, wie die geleitete Wärme zur strahlenden? Kr."

Die sogenannten trockenen Säulen.

§. 1383. „Bald nach Erfindung der Volta'schen Säule setzte Marechaux eine Säule aus Zink, Kupfer und Makulaturpapier zusammen, welche am Elektrometer elektrische Spannung zeigte, baute Dykhof eine aus heterogenen Metallen und trockenen Luftschichten (welche dadurch hervorgebracht wurden, daß man zwischen je zwey Metallplattenpaaren einige Glasstäbe legte), deren Wirksamkeit bey feuchter atmosphärischer Luft ab- und bey trockner Luft zunahm, und errichtete Behrens Säulen aus Zink, Kupfer und heißem Feuerstein (aber statt des letzteren: Goldpapier) und erhielt, als er dazu mit Salzwasser getränktes und wieder getrocknetes Goldpapier anwandte, eine Säule von der Wirksamkeit einer eben so vielplattigen, mit Wasser haltenden feuchten Leitern gebauten. Auch Hachett und Desormes stellten Säulen dar, in denen die Stelle des Wassers durch Leder, Wachstuch, Papier rc. und Biot solche, in welchen sie durch geschmolzenen Salpeter vertreten wurde (m. Experimentalphysik. B. II. §. 121, Bem. 4.) und Behrens setzte mit Hülfe zweyer seiner erwähnten Säulen ein (aus einem beweglichen Goldblättchen bestehendes)

sogen. *Perpetuum mobile* dar. Gilbert's Ann. B. XXIII. 5. Stück. Kr."

§. 1384. „Um, gleich den vorhin genannten Beobachtern, die Oxydation der Metallplatten in der gewöhnlichen Volta'schen Säule zu verhüten, und so der Wirksamkeit derselben längere Dauer zu geben, brachten späterhin de Luc in England und Zamboni in Italien Säulen von der gewünschten Art dadurch zu Stande, daß ersterer, anfänglich verzinntes Eisenblech und holländisch Goldblattpapier, vielfach übereinander schichtete, letzterer indem er zu gleichem Zwecke ungeleimtes Silberpapier auf der Rückseite mit Honig oder Baumöl überstrich, darauf gepulvertes schwarzes Manganoxyd puderte, mehrere tausend Scheiben daraus schnitt, diese über einander schichtete, gegen 2000 dergleichen Scheiben in eine Glasröhre fest einkittete, zwey dergleichen Säulen so (auf einem Brete) neben einander stellte, daß ihre ungleichnamigen Pole oben gegen 4 Zoll von einander abstanden, und zwischen beyden ein leicht bewegliches Pendel schwebend hieng. Man nannte diese Vorrichtung die trockne oder Zambonische Säule Kr."

„Die letztere Säule wurde 1814 bekannt; aber schon im August 1814 fand ich eine ähnlicher Art aus 1510 Scheibenpaaren bestehend, in 2 Glasröhren eingeschlossen, oben mit den gleichnamigen Polen durch einen Drath verbunden, und unten zwischen den ungleichnamigen Polen ein durch die das Pendel bildende herabhängende Kugel in Bewegung gesetztes elektrisches Glockenspiel als sog. *Perpetuum mobile* bey einem Mechanikus in London, dem damaligen Hauswirth vom Dr Davy, die ersterer der de Luc'schen Säule nachgebildet hatte. Als daher Dr Assalini späterhin bey Sir Jos. von Banks mehreren englischen Gelehrten die durch ihn vom festen Lande mit nach London gebrachte mit einem Pendel versehene Zambonische Säule vorzeigte, bemerkte ich, daß dergleichen hier (in London) bereits noch wirksamer und statt des gewöhnlichen Pendels mit einem Glockenspiele versehen zu schauen sey. Ich führte ihn darauf, begleitet von noch einigen Gelehrten zu dem erwähnten Mechanikus und überzeugte ihn und unsre Begleiter auf der Stelle von der Richtigkeit obiger Bemerkung. Bey de Luc in Windsor fand ich ähnliche Pendel, neben seinem gewöhnlichem Kupferpendel. In Deutschland verbanden Ramis in München, Buzengeiger in Tübingen und Klinger in Breslau nebst m. A. die sogen. Zambonische, oder wie sie de Luc nannte; die elektrische Säule (oder das Luft-Elektroskop, mit einem Uhrwerke, die elektrischen Abstoßungen als mechanische Kraft benutzend; de Luc benutzte seine Säule zu meteorologischen Beobach-

tungen; indeß scheinen sie dazu wenig geeignet, da fast nur Wärme und Licht darauf Einfluß haben. Kr."

§. 1385. „Leibmedicus Jäger in Stuttgart änderte die Zambonische Säule bald nach deren Bekanntwerden dahin ab, daß er Scheiben aus zusammengeleimtem unächten Gold- und Silberpapier mit ihren metallisch ungleichen Seiten sich berührend, zu Säulen aufschichtete. Singer schlug gewalzten Zink und ächtes Silberpapier zur Construction derselben vor, und Zamboni verbesserte seinen ursprünglichen Apparat dadurch beträchtlich, daß er feines Silberpapier auf der nicht metallenen Rückseite mit einer mäßig starken wäßrigen Lösung von schwefelsaurem Zink bestreicht, hierauf an der Sonne trocknet, Manganoxyd darüber pudert, dasselbe einreibt, und dann daraus die Säule bauet, bevor sie gänzlich ausgetrocknet ist. In Glasröhren eingeschlossen, gießt er die Zwischenräume mit Wachs und Terpentin aus (die von Assalini nach London gebrachte Säule war ebenfalls innerhalb des Glases mit harziger Substanz umgeben) und schützt sie so zugleich gegen Andringen von Feuchtigkeit und gegen den Verlust des kleinen Rest's zurückgehaltener Feuchte. Vollkommene Trockniß verwandelt das Papier der Säule in einen Isolator, und hebt dadurch ihre Wirkung auf.

§. 1386. „Eine trockne Säule von letzt erwähnter Zusammensetzung giebt selbst am Tage (kleine) sichtbare Funken, und eine aus 2000 Doppelscheiben von unächtem Gold- und unächtem Silberpapier nach Jäger's Verfahren erbaute Säule (von nur 3 paris. Linien Durchmesser), welche sich in einer von außen und von innen mit geschmelzten Siegellack überzogenen Glasröhre befand, und darin durch zwey Korkstöpsel, durch welche Dräthe giengen geschlossen war, gab in v. Bohnenberger's Versuchen (Tübinger Blätter für Naturwissenschaft und Arzneikunde. B. II. 1 St. S. 27 ff.) an beyden Polen gleich große Mengen von Elektricitäten, gewann, bei ableitender Berührung des einen Pols, am andern Pol das Doppelte an Elektricität,

und zeigte, als sie mit mehrern dergleichen Säulen zu einer verbunden wurde, daß die elektrische Spannung derselben proportional sey der Anzahl ihrer Plattenpaare. (Singer erhielt ebenfalls mit einer aus zwanzigtausend Scheibenpaaren — Silber, Zink und Schreibpapier — starke Divergenz am Elektrometer und Funken, aber keine chemischen Wirkungen.

§. 1387. „Fernere Versuche zeigten v. Bohnenberger, daß die elektrische Spannung zunächst nur von der Zahl, nicht von der Größe der Scheibenpaare abhängt, daß sich aber sehr beträchtliche Unterschiede in den Zeiten zeigen, welche trockne Säulen, aus Scheiben von verschiedener Größe bestehend, brauchen, um dem Elektrometer die volle Spannung, welche sie hervorzubringen fähig sind, mitzutheilen; a. a. O. Kr."

§. 1388. „Derselbe Beobachter fand, daß die trocknen Säulen einer Leidner Flasche den höchsten Grad der Spannung nur nach und nach mit abnehmender Geschwindigkeit mittheilen, während dieses bey nasse Leiter enthaltenden gewöhnlichen Volta'schen Säulen augenblicklich erfolgt; a. a. O. Singer lud mit seiner großen Säule eine Flasche von 50 Quadratzoll Beleg binnen 10 Minuten, und durchlöcherte mit dem Funken dieser Flasche dickes Zeichenpapier, aber keine Karte. Kr."

§. 1389. „Hieraus schien sich zu erklären, warum bey früheren Versuchen mit trocknen Säulen die chemischen Wirkungen ausblieben; denn indem z. B. die die Kette schließenden zu zersetzenden feuchten Leiter, die Elektricität der Pole schneller abführten, als sie ihnen aus der trocknen Säule zugeführt werden konnte, mußte jene Ansammlung der beyden Elektricitäten in dem schließenden nassen Bogen unmöglich werden, welche die chemische Zersetzung rc. bedingt. Kr."

§. 1390. v. Bohnenberger prüfte diese Folgerung mittelst einer trocknen Säule, aus 96 gut getrockneten Gold-

Silberpapier Scheibenpaaren von 36 Quadratzoll Fläche, indem er ihre Pole mit in Glasröhren eingeschlossenen Platindräthen verband, die mit einem Wasserzersetzungs-Apparate in Verbindung standen. Es zeigten sich sogleich Gasentwickelungen an den Spitzen der Platindräthe, aber nur allmählig wurden die Bläschen entbunden. Nach Verlauf von 8 Tagen gab die Säule noch Gas, ohne daß sie (wie das Auseinandernehmen zeigte) im Innern Oxydation erlitten hatte. Eine dergleichen Säule von 1800 Scheibenpaaren gab einen ununterbrochenen Gasstrom, und ähnliche Erschütterungen, wie eine nasse (mit wäßrigen Tuchscheiben gebaute) Säule von etwa 100 zweyzölligen Zink-Kupferscheiben, und lud die Leidner Flasche fast eben so schnell, wie diese. — Ebersbach verband vier Säulen, jede zu 3000 Scheiben, zu Einer, und erhielt ebenfalls Funken und chemische Wirkungen. Auch Jäger erhielt die chemische Wirkung bestätigende Ergebnisse; Gilbert's Ann. B. XXI. S. 187 und 197. Kr."

§. 1391. „Des erwähnten Beobachters fernere Versuche zeigten, daß bey der trocknen Säule einige, obschon geringe Feuchtigkeit nothwendig sey (was auch Parrot's Beobachtungen bestätigen; Gilbert's Annalen. B. LV. S. 165. 197), daß Säulen mit harzigen Zwischenkörpern sich um so geschwinder laden, je mehr sie erwärmt werden (jedoch ohne die Siedhitze zu erreichen) und daß sie diese Eigenschaften behalten, wenn auch durch anhaltende Erhitzung die Feuchtigkeit so viel als möglich entfernt ist, und durch einen harzigen Ueberzug der Zutritt neuer Feuchtigkeit verhindert wird. Kr."

§. 1392. „Sind die Säulen in Glasröhren eingeschlossen, so wird man zuweilen Abweichungen von obigen Erfahrungen bemerken, weil (vermöge am Glase hängen bleibender Electricität und angezogener Feuchtigkeit) die Erscheinungen mehr verwickelt sind. Säulen, deren Scheiben bloß durch (sie in Richtung ihrer Achse durchbohrende) gefir-

nißte Seidenfäden verbunden waren, zeigten v. B. bey je der Witterung und zu jeder Tageszeit, nahe oder fern vom Ofen, stets dieselbe Divergenz des Elektrometers. Kr."

§. 1393. „Hoffmann's und Klingert's Säulen (Gilbert's Ann. B. LIII. S. 337 und Müller bey Singer a. a. O. S. 493.) wirkten (im Frühling 1818) bereits seit drey Jahren mit derselben Stärke, wie zur Zeit ihrer Errichtung. Jahreswechsel, Gewitter ꝛc. haben gar keinen Einfluß darauf gezeigt (Schübler's Säule zeigte dieselbe Stärke auf dem Eismeer des Montblanc, wie bey Bex mehrere hundert Fuß unter der Erde) nur Vermehrung der Feuchtigkeit in der Luft macht den Gang des Pendels etwas langsamer, wahrscheinlich weil eine feuchte Luft die beyden Pole der Säule nicht so gut isolirt, als eine trockne. Hoffmann's Pendel ist so gestellt, daß es in einer Minute 15 Schwingungen macht; bey sehr trockner Witterung macht es deren $15\frac{1}{2}$, bey sehr feuchter $13\frac{1}{2}$. Der Funke, den das Pendel beym Anschlagen an die messingenen Kugeln der einen und an die Glocken der andern giebt, zeigt nie eine Verschiedenheit. Hingegen zeigt die positive Kugel bey Hoffmann's Säule da, wo das Pendel anschlägt, einen angelaufenen Fleck, und die positive Glocke im Klingert'schen Apparat ist durchaus angelaufen und schwach oxydirt. — Auch Sömmering beobachtete Luft zersetzende Wirkungen der Säule und Schübler: Lichtenbergische Staub-Figuren; Schweiggers Journ. B. XVI. S. 111. 493. Kr."

§. 1394. „Der Hauptunterschied nasser und trockner Säulen scheint hiernach vorzüglich in der verschiedenen Leitung des dritten Gliedes (des das — E der einen und das + E der anderen metallenen Gegenscheibe zweyer Scheibenpaare zu o E ausgleichenden Leiters zweyter Klasse), demnächst aber auch in der Vermehrung der Elektricität durch die erregende Kraft, welche die Feuchtigkeiten als solche (gegen zwey sie von entgegengesetzten Seiten her berührende Leiter erster Klasse)

aus-

anzuüben, begründet zu seyn. Hiefür sprechen unter andern auch die Erscheinungen von Volta's sekundärer Säule) (Ritters Ladungssäule; §. 1377.) und von Zamboni's sogen. zweyelementigen Säulen. Kr.'

§. 1395. „Diese sogen. zweyelementigen Säulen erhielt Zamboni, als er Säulen nur aus abwechselnd einem Metalle (z. B. Silberblättchen, Zinkblättchen ꝛc.) und einer feuchten Wasserhaltigen Schicht erbaute; offenbar entstehen hier aber secundäre Säulen aus zwey feuchten und einem starren Leiter, indem das Wasser sich mittelst seines Trägers in ungleiche Schichten sondert. Nicht stärkere Säulen würde man wahrscheinlich ebenfalls erhalten, wenn man Schwefelscheiben, Metall und Feuchtigkeit schichtete. Alle diese und ähnliche Säulen würden zwar ihre erregte Elektricität schneller entlassen, als die trockne, dagegen aber auch geringere Mengen zu erzeugen vermögen, und nicht hinsichtlich der Wirkung zu vergleichen seyn den Voltaschen primären Säulen aus zwey Leitern erster, und einem guten Leiter zweyter Klasse, welche ihre elektrische Spannung in unmeßbar kurzer Zeit wieder herstellen, und daher in jedem Zeittheilchen mit ihrer ganzen Entladungsstärke wirken; Pfaff in Gilbert's Ann. B. LII. S. 108. Kr."

„Pfaff fand übrigens, daß sich keine Verschiedenheit der elektrischen Spannung der trocknen gewöhnlichen Zambonischen Säule zeigt, wenn die Dicke der relativ isolirenden Zwischenlagen zunimmt, und setzt dieses Jäger's Ansicht von einer bloßen Condensationswirkung in der trocknen Säule entgegen; vergl. Gilbert's Ann. B. LII. S. 81 und 110. Kr."

§. 1396. Nach Ritter's Berechnungen müßten sich Volta'sche primäre Säulen (oder Trogapparate) bauen lassen, welche hinsichtlich ihrer Wirkungsstärke den Blitz des Gewitters weit hinter sich zurücklassen, deren Funken lange und dicke Eisenstangen schmölzen, und die eine Schlagweite hätten, welche hinreichte, die Kette durch den eigenen Funken zu schließen. Gehlen's Journ. B. VII. S. 342 bis 364. Kr."

§. 1397. „Zamboni's vorgelementige Säulen erinnern endlich noch an Ritter's „magnetische Säulen", die er erhielt, als er einzelne Magnete abwechselnd mit Wasser unterbrach, und die von den Polen dieser Säule gesammelten Elektricitäten am Elektrometer merkbar machte. Vergleiche Intelligenzbl. der Jen. Allg. Litt. Zeit. v. 5. Febr. 1806. Kr."

Einige Bemerkungen über die Natur und Zusammensetzungen der elektrischen Materie (Vom Verfasser.)

§. 1398. Ungeachtet der überaus großen Menge elektrischer Versuche, die bis jetzt angestellt worden sind, hat man daraus noch wenig Folgerungen über die Natur und das eigentliche Wesen des elektrischen Fluidums gezogen. Vielleicht hat man sich bey der Erklärung mehr Schwierigkeiten gemacht, als wirklich da sind, indem man das Zufällige von dem Wesentlichen nicht gehörig absonderte; vielleicht ist die vorgefaßte Meinung der dualistischen Hypothese von zwey specifisch verschiedenen elektrischen Materien selbst eine nicht zu überwindende Schwierigkeit in der Erklärung der Natur und Zusammensetzung des elektrischen Fluidums gewesen. Ich wage es hier, meine Gedanken über diesen Gegenstand vorzulegen. Ist meine Erklärung auch nur hypothetisch, so hat sie vielleicht doch das Verdienstliche, neue Untersuchungen zu veranlassen, die etwa auf einem andern Wege die Wahrheit finden lassen. Meine Behauptungen enthalten indessen wenigstens nichts, was nicht sinnliche Thatsachen lehrten, und was nicht auf Beobachtung gegründet wäre. Auch verdienen sie vielleicht dadurch einige Rücksicht, daß sie die elektrische Materie mit sehr allgemeinen Erscheinungen der Natur in Causalzusammenhang setzen. Ich lege dabey die Franklinsche Hypothese zum Grunde, schicke aber erst noch einige allgemeine That-

sachen voraus, auf die ich baue. Ich brauche mich nur kurz zu fassen, da die weitere Anwendung sich leicht machen läßt.

Man vergl. mit meiner Theorie die von de Luc, in seinen neuen Ideen über die Meteorologie, Th. I. S. 186 u. ff.; und die von Gardini (Abhandlung von der Natur des elektrischen Feuers, übersetzt von J. G. Geißler. Dresden, 1793. 8.)

§. 1399. Da die positiv-elektrisirten Körper nicht schwerer, die negativ-elektrisirten nicht leichter sind, als in ihrem elektrisirten Zustande, auch bey Untersuchungen mit den feinsten Waagen: so folgt, daß die elektrische Materie eine inponderable Substanz seyn müsse, in deren Zusammensetzung kein wägbarer Stoff eingeht.

§. 1400. Die elektrische Materie wird nur frey, wirksam und thätig in und auf Nichtleitern. Das elektrische Anziehen oder Abstoßen, was ein elektrisirter Leiter zeigt, zeigt er nur vermöge der elektrischen Atmosphäre d. i., der in der Luft, als einem Nichtleiter, thätigen elektrischen Materie. Wäre die Luft ein Leiter, so würden wir ja nichts von elektrischen Erscheinungen wissen. Das elektrische Licht zeigt sich nur bey dem Uebergange oder Eintritte aus einem oder in einen Leiter durch einen Nichtleiter. Da die Torricellische Leere natürlicher Weise kein Leiter ist, so wenig als ein Nichtleiter: so muß auch die elektrische Materie darin am freyesten werden, und das stärkste Licht zeigen. Bey dem Uebergange des verstärkten elektrischen Funkens durch einen dünnen Drath, der davon glühend und geschmolzen wird, wird das elektrische Fluidum nur in so fern frey, als die wenige Masse die ganze Menge des strömenden elektrischen Fluidums nicht auf einmal fassen kann. In den Leitern, ohne Verbindung mit Nichtleitern, wird also die elektrische Materie nie so frey, daß sie sich unsern Sinnen bemerkbar zeigte. Es folgt hieraus, daß die Nichtleiter weit weniger Anziehungskraft zur elektrischen Materie haben müssen, als die Leiter.

§. 1401. Die thätige elektrische Materie zeigt sich als ein expansibles Fluidum, dessen Theile überwiegende Repulsionskraft besitzen, welche nur durch Anziehung anderer Materien dagegen ins Gleichgewicht und so zur Unthätigkeit gebracht werden kann.

§. 1402. Die Anhäufung der elektrischen Materie auf einem Leiter geschieht nicht durch chemische Verbindung damit, sondern nur durch Adhäsion. Der Beweis dafür ist: daß die elektrisirten Leiter nur auf der Oberfläche, nicht im Innern, elektrisirt sind, und daß die Vertheilung der Elektricität unter isolirte Leiter sich nicht nach ihren Massen, sondern nach ihren Oberflächen richtet.

§. 1403. Die aus den Leitern bey dem Uebergange durch Nichtleiter, wegen mangelnder Anziehung der letztern dagegen, ganz freywerdende elektrische Materie zeigt sich als Licht, bey dem wir an sich keine Verschiedenheit von dem Lichte wahrnehmen, das durchs Verbrennen verbrennlicher Substanzen und auf andere Weise entsteht. Soll indessen unser Gesichtsorgan dieses Licht empfinden, so muß es natürlicher Weise, wie alles Licht, eine bestimmte Intensität quoad minimum besitzen. Daher zeigt es sich nur bey Funken, bey dem Ausströmen aus leitenden Spitzen, oder bey dem Einströmen in dieselben. Wegen der unvollkommen nicht leitenden Eigenschaft der Luft und anderer Nichtleiter wird indessen nicht alles durch sie brechende oder strömende elektrische Fluidum frey und zum Lichte; und deßwegen kann durch Funken Mittheilung der Elektricität entstehen.

§. 1404. Ich mache aus allen diesen Thatsachen den Schluß, daß die elektrische Materie nichts anderes ist, als Lichtmaterie, oder die Zusammensetzung aus der eigenthümlichen Basis des Lichts und dem Wärmestoffe, die ihrer ganzen Zusammensetzung nach durch Adhäsion mit andern Materien latent gemacht, doch nicht chemisch gebunden ist. Ihr Bestreben, sich ins Gleichgewicht zu setzen,

hängt nicht allein von der Repulsionskraft ihrer Theile unter einander, sondern auch von der Anziehungskraft anderer Stoffe davon ab. Sie zeigt dieses Bestreben und wird thätig, wenn sie auf einem Körper über seinen Sättigungsgrad angehäuft worden ist. Durch noch stärkere Anhäufung, bey nicht genugsamer Anziehung anderer Stoffe, wie die Nichtleiter sind, kann sie endlich ganz frey werden, wo sie sich dann als Licht offenbart und als solches zerstreuet. Die Anhäufung der elektrischen Materie auf isolirten Leitern würde indessen durch die Anziehung derselben dagegen allein nicht geschehen können; oder diese würde nicht hinreichend seyn, der Repulsionskraft ihrer Theile unter einander hinlänglich das Gleichgewicht zu halten, so daß sie sich als Licht entwickeln und entweichen müßte, wenn nicht die Repulsionskraft der elektrischen Atmosphäre die Anziehungskraft des Leiters dagegen unterstützte. Die Erscheinungen des elektrischen Lichts im Vacuum beweisen dieß. Die Wirkungen der Explosion sind Folgen des plötzlich freywerdenden Lichts oder Feuers, als expansiven Fluidums.

§. 1405. Es erhellet aus dem Gesagten, daß das freye Licht nicht mehr die elektrische Materie ist, daß aber auch die Basis des Lichts allein sie nicht ausmacht, sondern daß das andern Körpern adhärirende Licht nur diesen Namen führen kann.

§. 1406. Da die Lichtmaterie aus ihrer eigenthümlichen Basis (Brennstoff) und dem Wärmestoff zusammengesetzt ist, so muß die elektrische Materie es auch seyn. Das Daseyn des Wärmestoffs in der elektrischen Materie, durch den sie eben ein expansibles Fluidum ist, folgt also schon hieraus; van Marum hat aber den Wärmestoff als Bestandtheil der elektrischen Materie auch direct erwiesen. Das Schmelzen der Dräthe durch den verstärkten elektrischen Funken gehört auch zu diesen Beweisen.

Versuch zum Erweise, daß in dem elektrischen Fluidum Wärmestoff zugegen ist, von van Marum; im neuen Journ. der Physik, B. III. S. 1 f.

§. 1407. Der Wärmestoff allein macht aber nicht das elektrische Fluidum aus; dagegen spricht der Augenschein. Das Daseyn der eigenthümlichen Basis des Lichts in der elektrischen Materie folgt nicht nur aus dem Lichte selbst, zu welchem die elektrische Materie bey ihrem Freywerden wird, sondern auch aus andern Versuchen, wie z. B. aus der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Funken, dessen Wasserstoff, wenn er Hydrogengas bilden soll, nothwendig die Basis des Lichts enthalten muß, die er hierbey nirgends anders woher, als aus dem elektrischen Fluidum empfangen kann.

§. 1408. Die Afficirung des Geruchssinnes durch elektrisirte Luft, des Geschmacks durch den elektrischen Strom, der die Nerven der Zunge reizt, beweiset nicht das Daseyn eines Riechstoffes, einer Säure, u. dergl., in der elektrischen Materie; beweiset nur, daß unsere Nerven durch Strömung der elektrischen Materie gereizt werden.

§. 1409. Es folgt aus meiner Hypothese: daß die elektrische Materie in den Körpern zusammengesetzt und zersetzt werden könne. Die ursprüngliche Erregung der Elektricität bey so mannigfaltigen Processen des Schmelzens, Verbrennens, Verdampfens, der Gas- und Dampfbildung, der Gas- und Dampfzersetzung, ließe sich daraus erklären. Bey dem Reiben ist es ohne Zweifel der dabey entwickelte Wärmestoff, welcher der durch Anziehung der Körper unthätig gemachten und ins Gleichgewicht gebrachten elektrischen Materie die nöthige Expansivkraft ertheilt, vielleicht auch sich mit der in den Körpern befindlichen Lichtbasis erst zur elektrischen Materie vereinigt. Die verschiedenen Farben, welche das elektrische Licht bey seinem Ausströmen aus verschiedenen Leitern zeigt, beweisen die Verschiedenheit in dem quantitativer Verhältnisse seiner Bestandtheile, die aus der ungleichen Anziehung der Körper zum Wärmestoffe entspringt. Die Hauptquelle für die elektrische Materie unseres Erdballes ist das Sonnenlicht, das wir

also in dieser Hinsicht wiederum zu etwas mehr, als Tag zu machen, dienen sehen, und das wir so als den Grund vieler andern sehr grossen und wirksamen Kraftäusserungen in der Natur zu betrachten veranlaßt werden.

„Hinsichtlich der Erklärungen der elektrischen Erscheinungen nach verschiedenen Hypothesen verweisen wir noch auf folgende Schriften:

Gehler's und Fischer's phys. Wörterbücher, Art. Elektricität und Galvanismus.

B. Franklin's Briefe von der Elektricität, mit Anm. von J. A. Wilke. Leipzig 1758. 8.

v. Arnim's Vers. einer Theorie der elektr. Ersch. Halle 1799. 8.

J. A. Heidmann: Theorie der Elektricität. Wien 1799. B. I—II. 8.

Haüy's Darstellung der Theorie der Elektr. und des Magnetismus; a. d. Franz. von F. Murhard. Altenburg 1801. 8.

J. W. Ritter: Das electrische System der Körper. Leipzig 1805. 8.

Van Mons Grundr. der Elektricitätslehre; a. d. Franz. von Wurzer. Marburg 1812. 8.

Oersted's Ansichten der chem. Naturgesetze rc. Berlin 1812. 8.

Singer's Elemente rc.; a. d. Engl. mit Anmerk. von Müller. Breslau 1819. 8.

Kastner's Einleitung in die neuere Chemie. Halle 1814. 8. Kr."

Fünftes Hauptstück.

Magnetismus und magnetische Polarität.

---

§. 1410.

Ein besonderes Eisenerz, das unter dem Namen des Magnets (Magnetes), des magnetischen Eisensteines, bekannt ist, hat vorzüglich die Eigenschaft, das Eisen an sich zu ziehen und mit ziemlicher Kraft an sich zu halten; „Spuren dieses Vermögens zeigt außerdem fast alles der Erde entnommene, nicht zu sehr oxydirte Eisen. Kr." Die Wirkung

dieser Anziehung, „der Magnetismus (oder Metallmagnetismus,)" äußert sich schon in der Entfernung; und wenn das Eisen leicht und beweglich genug ist, so bewegt es sich in der Nähe des Magnets gegen denselben zu, und auch umgekehrt der Magnet gegen das Eisen, wenn er Beweglichkeit genug hat.

Versuche: An einem rohen Magnet hängt sich Eisenfeil als ein Bart an.

Eine Nähnadel, die an einem Faden hängt, wird in der Entfernung nach dem Magnet gezogen.

Eisenfeil, das auf Quecksilber oder auf einem Papiere auf Wasser schwimmt, bewegt sich schon in der Entfernung gegen einen Magnet.

Ein Magnet, der auf einem Brete auf Wasser oder auf Quecksilber schwimmt, wird schon in der Entfernung vom Eisen angezogen.

„Im Jahr 1806. schrieb ich: Bemerkenswerth scheint es mir, daß Rinmann in dem natürlichen Magnete nebst Eisen, Kieselerde, Schwefel auch Nickel (Bestandtheile der Meteorsteine) fand; m. Beyträge B. I. S. 171. Anm. Kr."

§. 1411. Der Magnet, der sich frey genug bewegen kann, bleibt nicht in jeder Lage, die man ihm giebt, sondern wendet sich ohngefähr mit einem Ende gegen Norden, und mit dem entgegengesetzten nach Süden zu, „und dieses nennt man seine Polarität. Kr." An diesen sich einander entgegengesetzten Enden hängt sich auch das Eisenfeil in der größten Menge an den Magnet an, und kleine Stückchen Eisendrath stellen sich hier senkrecht auf dem Magnete.

„Der natürliche Magnet (braunschwarzer Magneteisenstein) findet sich am häufigsten im nördlichen Europa und Asien. Kr."

Versuche: Ein Magnet, der an seinem Schwerpunkte durch einen Faden aufgehängt ist, dreht sich mit einer Seite nach Norden, mit der andern nach Süden.

Eben dieß geschicht, wenn er auf Quecksilber schwimmt.

An diesen entgegengesetzten Enden hängt sich das Eisenfeil am stärksten an, und stellt sich ein Stückchen feiner Eisendrath senkrecht.

§. 1412. Diese sich einander entgegengesetzten Punkte des Magnets nennt man die Pole desselben; und zwar wegen ihrer Richtung den einen den Nordpol (Polus boreus), den andern den Südpol (Polus australis). Es giebt auch Magnete mit drey und mehrern Polen, welche

zusammengesetzte oder anomalische Magnete genannt werden, und aus mehrern verwachsenen Magneten zu bestehen scheinen.

§. 1413. Die Richtung des Magnets oder die Lage seiner Achse, d. h., der geraden Linie, die man von einem Pole desselben zum andern ziehen kann, kommt nur ohngefähr mit der Mittagslinie überein, und läßt sich am besten durch die künstliche Magnetnadel (Acus magnetica, Versorium) zeigen, von deren Einrichtung weiterhin geredet wird.

§. 1414. Der Magnet zieht das Eisen am stärksten, wenn es im vollkommensten regulinischen Zustande ist. Die Anziehung desselben wird dagegen schwächer, wenn das Eisen vererzt, oder in Säuren aufgelöset, oder mit andern Metallen, besonders mit Arsenik, verbunden wird; doch ist sie unter den gehörigen Umständen, nach Bergmann, allerdings auch dann noch bemerkbar.

Versuch: Einige Tropfen frischer Eisenvitriolauflösung auf einem auf dem Wasser schwimmenden Papiere werden vom Magnete angezogen.

„Die Materien, welche durch Zumischung zum Eisen dessen Magnetismus schwächen, und bey größeren Mengen ihn aufheben, wirken gemäß ihren stöchiometrischen Werthen; z. B. 6,779 Eisen mit 2,000 Sauerstoff giebt das magnetische schwarze Eisenoxydul, 6,779 Eisen mit 4,000 Sauerstoff das unmagnetische Eisenhyperoxyd, 2c. Wie die Wärme den Magnetismus schwächt, und wie edlere und unedle flüssige Metalle in dieser Hinsicht beträchtlich abweichen, zeigte ich 1817. Vergl. Hällische Allg. Lit. Zeit. 1818. 75—78. Kr."

§. 1415. Wir wissen jetzt gewiß, daß das Eisen nicht das einzige Metall ist, welches vom Magnet angezogen wird. Das Kobalt und das Nickel sind nicht nur fähig, vom Magnete gezogen zu werden, sondern vermögen auch selbst als Magnetismus zu wirken, und wirklich hat man jetzt auch schon Magnetnadeln von reinem Kobalte.

Erweis, daß das Eisen nicht das Einzige Metall sey, welches der Magnet in seiner Reinigkeit anzieht, sondern daß er auch diese anziehende Kraft gegen das Metall des allerreinsten blaufärbenden Kobaltkönigs äußere, von J. E. Kohl; in Crell's neuesten Entdeckungen, Th. VII. S. 59 ff. Leonhardi's Zusätze und Anmerkungen

zu Macquer's chymischem Wörterbuche, B. II. Leipzig 1790. S. 396. Anmerk.

„Auch Nickelmetall besitzt diese Eigenschaften, und zwar ebenfalls um desto stärker, je reiner es ist. Man sehe: Französische Annalen, von Friedländer und Pfaff, 1803. St. 5. S. 54. 55. F."

„Durch die Güte meines gelehrten Freundes, des Professor Nöggerath hieselbst, bin ich im Besitze einer sehr schönen Nickelnadel. — Auch Chrom, und das von Lampadius entdeckte Wodan (?) scheinen an sich magnetisch zu seyn. Kr."

§. 1416. Noch auffallender ist die Entdeckung des Magnetismus in einer bloßen Steinart, dergleichen von Humboldt gemacht hat. Er fand in dem Oberpfälzischen und angränzenden Gebirge eine Gebirgskuppe von Serpentinstein, die einen sehr starken Magnetismus zeigte. Sie besteht aus reinem Serpentinstein, meist von lauchgrüner Farbe, der hier und da in Chloritschiefer übergeht. Die Kuppe ist dergestalt gegen die Erdachse gerichtet, daß das Gestein am nördlichen Abhange bloß Südpole, am südlichen Abhange bloß Nordpole zeigt. Das Gebirge hat nicht eine Achse, sondern viele, die aber in einerley Ebene liegen. Zwischen zwey wirksamen Nordpolen liegt völlig unwirksames Gestein, welches aber weder durch seine äußern Kennzeichen, noch durch seine Mischung, von dem wirksamen zu unterscheiden ist. Jedes noch so klein abgeschlagene Stück des letztern zeigt den Magnetismus und hat seine Pole. Was aber einen sehr wesentlichen Umstand dabey ausmacht, und zugleich beweiset, daß der Magnetismus des Gesteins nicht von fein eingesprengtem Magneteisensteine herrühren könne, ist das: daß diese Steinart, so lebhaft auch ihre Polarität, und so stark ihre Anziehung zum Magnete ist, keine Spur von Anziehung gegen unmagnetisches Eisen zeigt; woraus denn auch folgen würde, daß sie dem Eisen nicht den Magnetismus mittheilen könne. Denn es ergiebt sich aus dem Folgenden, daß der Magnet das Eisen nur in so fern anzieht, als er ihm den Magnetismus ertheilt. Das eigenthümliche Gewicht dieser Steinart geht von 1,901 bis 2,04, und ist also gering.

Ueber die merkwürdige magnetische Polarität einer Gebirgskup Serpentinstein, von v. Humboldt; im neuen Journ. der P B. VI. S. 136 ff.

„Dennoch scheint Magneteisenstein das Bedingende des Ma mus im oberpfälzischen Serpentin zu seyn, wie auch des B des Brockens und der Lüneburger Heide ꝛc., vergl. Jordan u merman in Gilbert's Ann. B. V. S. 376. B. XXVI. S. 2 Kr

In der Folge sind von mehrern Gelehrten anderweitige hier hörige Beobachtungen mitgetheilt worden. Man findet sie zusa getragen im Neuen bergmännischen Journale, I. B. S. 542 —

„Ein bis 5 Fuß langes mit einer eisernen Kugel versehene del zeigt eigenthümliche Schwingungsabweichungen; vergl. P rich in Gehlen's Journ. B. V S. 571.

§. 1417. Die Kraft des Magnets, das Ei ziehen, wird verstärkt, wenn man die Pole desselbe glatt abschleift, und dünne eiserne Platten, die sich in einen dickern hervorstehenden Fuß endigen, daran stigt. Diese angelegten Platten ziehen nun weit meh der Magnet selbst.

§. 1418. Der auf diese Art vorgerichtete M heißt gewaffnet oder armirt (armatus), und die Eisen seine Armaturen oder Panzer. Um die der Anziehung des Eisens durch Gewichte bequem au den, dient ein eiserner Stab, der mit seiner platten an die Füße oder künstlichen Pole des Magnets ans und in der Mitte mit einem Haken zum Anhängen d wichte versehen ist. Man nennt diesen Stab den An

§. 1419. Nach Mersenne vermehrt die Arm die Kraft des Magnets bis um das 16-, 40-, ja 32 der vorigen Zuggewalt. Der große armirte Mag Teylerschen Museum zu Harlem wiegt mit der A 307 Pfund und trägt 203 Pfund; Parrot's Physik. S. 602. (Verhältnißmäßig beträchtlich wirksamer magnetischen Stäbe des Professor Steinhäuser in vergl. Voigt's Magaz. B. IX. S. 33 ff. 326 ff. ter's Abhandl. B. III. XXXIV.). Gewöhnlich tra panzerte Magnete das 10fache ihres eigenen Gewicht

man hat sie auch zur Tragung des 20- und 30fachen gebracht. Kr."

§. 1420. „Coulomb wollte gefunden haben, daß alle gewichtigen Materien nicht nur den Magnetismus leiten (was von den meisten Materien bekannt war), sondern ihn nach Art des Eisens isoliren, d. h. selbst magnetisch zu werden vermögen, und die Phänomene der Eisenanziehung gewähren. Indeß zeigten ihm seine spätern Untersuchungen, daß dort, wo er selbstständigen Magnetismus wahrzunehmen glaubte, kleine Beymischungen von Eisen die magnetischen Erscheinungen bewirkten, und daß dieses z. B. beym feinen Silber durch eine Beymischung von $\frac{1}{132800}$ Eisen der Fall sey: vergl. Biot a. a. O. B. III. S. 117. Kr."

„Es bestätigen diese Versuche meine eigenen in so fern, als ich fand, daß die edleren Metalle, auch wenn sie in großen Mengen dem Eisen beygemischt sind, dessen Magnetismus nicht aufheben, was hingegen Arsenik schon mit dem Doppelten seines Werthes thut, vergl. d. Anm. zu §. 1414. Kr."

§. 1421. „Zwey mit den ungleichnamigen Polen zusammengebrachte Magnete, tragen zusammen so viel, als die Summe der Gewichte beträgt, die sie einzeln getragen haben würden. Kr."

§. 1422. „Unterlegt man das von dem Magnete zu hebende Eisen mit großen Eisenmassen, z. B. starken eisernen Platten, so wird es vom Magnete leichter und in größerer Menge gezogen, als ohne diese Vorrichtung. Kr."

§. 1423. „Auch die Umlagerung des Magnets mit großen Eisenmassen, erhöht nach einiger Zeit seine Zuggewalt. Meinen Beobachtungen zu Folge wird die Stärke eines Magnets augenblicklich merklich geschwächt, wenn derselbe große Eisenmassen berührt, allmählig tritt darauf die vorige Stärke wieder ein, und fängt nun noch langsamer an zu steigen. Vergl. a. a. O. in der Anm. zu §. 1414. Kr."

§. 1424. „Schichtet man mehrere Magnete mi
ren gleichnamigen Polen übereinander, und verbindet
dann durch Eisen, so erhält man eine sogen. magneti
Batterie. — Knight erhielt auf diese Weise eine M
netverbindung, welche Pole der stärksten Magnetnadeln
selbst des natürlichen Magnets umkehrte. Von ähnli
Art ist Steinhäusers starker Magnet; §. 1419. K

§. 1425. „Die Wirkungsstärke eines Magnets l
auf mannigfache Weise gemessen werden. Gewöhnlich
stimmt man sie mittelst der Traggewichte; indeß reicht
ses Verfahren zur Nachweisung kleiner Unterschiede n
hin. Zweckmäßiger ist in dieser Hinsicht v. Saussü
Magnetometer, aber am empfindlichsten Coulomb's Dr
waage. Kr."

„Ich habe mich zu gleichem Zwecke eines Handcompasses bed
indem ich die Nadel desselben westlich durch einen Magnet able
und bey den zu bestimmenden Magneten fragte, entweder: ob si
gleicher Ferne von der Nadel denselben Abweichungswinkel erzeu
oder welchen anderen? oder in welcher anderen Ferne sie den gle
Winkel hervorbrachten; a. a. O. Kr."

§. 1426. „Außerdem kann man zu dergleichen
stimmungen auch mit Vortheil benützen die weiter unte
erwähnende Neigungs- und die Abweichungsnad
§. 1448. ff. Kr.

§. 1427. Die Wirkung des Magnets auf das E
nimmt mit der Entfernung ab, und zwar in Verhäl
des Quadrats dieser Entfernung. v. Saussüre hat d
seine Magnetometer gefunden, daß die Kraft des M
nets gegen das Eisen an verschiedenen Orten veränderlic

Saussüre Beschreibung eines neuen Magnetometers; in seinen
sen durch die Alpen, Th. II. S. 126 ff.

§. 1428. Die Erfahrung lehrt, daß bey glei
Entfernung die Intensität der Anziehung zwischen Eisen
Magnet dieselbe bleibt, es mag zwischen beyden ein M
seyn, welches da will, nur nicht ein solches, das selbst
Mittheilung des Magnetismus fähig ist, als Eisen. A
im luftleeren Raume bleibt die Anziehung dieselbe.

Hierauf gründen sich allerley Spielereyen und Taschenkünste.

Versuche: die Magnetnadel wird vom Eisen angezogen, auch wenn sie unter Glas, hinter Messing, Bret, Büchern u. dergl. steht.

Eine unter der Glocke der Luftpumpe im leeren Raume derselben hängende Magnetnadel wird durch das äußerlich an die Glocke gehaltene Eisen angezogen.

§. 1429. Der Magnet zieht nicht allein das Eisen an, sondern auch einen andern Magnet. Allein die Pole des Magnets ziehen sich nicht ohne Unterschied an, sondern nur die ungleichnamigen; oder der Nordpol des einen Magnet zieht nur den Südpol des andern, und umgekehrt, und beyde hängen bey der Berührung stark zusammen.

§. 1430. Die gleichnamigen Pole des Magnets hingegen, als der Nordpol des einen und der Nordpol des andern, der Südpol des einen und der Südpol des andern, ziehen sich nicht nur nicht an, sondern stoßen sich sogar zurück.

§. 1431. Hieraus folgt also das allgemeine Gesetz: Ungleichnamige Pole der Magnete ziehen sich an; gleichnamige Pole derselben stoßen sich ab.

Versuche: Der Nordpol des Magnets hängt mit dem Südpole eines andern zusammen.

Zwischen dem Nordpole oder Südpole des einen und dem gleichnamigen des andern ist keine Spur von Zusammenhang zu merken, wenn sie sich berühren.

Ein Magnet, der an einer Waage ins Gleichgewicht gebracht ist, wird bey der Annäherung der ungleichnamigen Pole eines andern Magnets herabgezogen (so wie vom Eisen), bey Annäherung der gleichnamigen Pole aber in die Höhe gestoßen.

Der Nordpol einer Magnetnadel flieht vor dem Nordpol des Magnets, und geht nach dem Südpole desselben zu, der hingegen wieder den Südpol der Magnetnadel abstößt.

§. 1432. Wegen dieser Wirkungen heißen die ungleichnamigen Pole zweyer Magnete auch freundschaftliche (P. amici); die gleichnamigen, feindschaftliche (P. inimici.)

§. 1433. Die anziehenden und abstoßenden Kräfte der magnetischen Materie verhalten sich gerade wie die

magnetische Intensität, und umgekehrt, wie das Quadrat ihrer Entfernungen. Coulomb hat dieses Gesetz durch seine sinnreiche magnetische Waage bewiesen.

Abhandlung über den Magnetismus, von Coulomb; im neuen Journal der Physik, B. II. S. 298 ff.

§. 1434. Das Eisen, besonders der Stahl, ist der Mittheilung des Magnetismus fähig, und kann die Eigenschaft des Magnets, anderes Eisen zu ziehen, und die Polarität erlangen. Das magnetisch gemachte Eisen oder solcher Stahl heißt überhaupt ein künstlicher **Magnet**, und übertrifft an Wirkung oft den natürlichen.

§. 1435. Der gehärtete Stahl (d. i. Kohlenstoff-Eisen) nimmt den Magnetismus langsamer an, behält ihn aber andauernder als weiches, leicht oxydirbares Stabeisen. Aber nicht nur der Kohlenstoffhaltige Stahl, sondern auch der Silicium- und Manganhaltige wirken auf gleiche Weise. — Vergl. weiter unten §. 1441. Kr."

§. 1436. „Wird ein schwächerer Magnet mit seinen gleichnamigen Polen andauernd der Berührung eines beträchtlich stärkeren unbeweglich ausgesetzt, so wird er nicht abgestoßen, sondern seine Polarität wird umgekehrt, während die des stärkeren Magnets unverändert dieselbe bleibt. Kr."

§. 1437. Verschiedene natürliche Magnete zeigen nicht nur die gewöhnlichen, stärkeren, sondern auch schwächere nach den Seiten zu liegende Pole, und Weber hat dergleichen auch am künstlichen Magneten entdeckt. Wahrscheinlich hat hierauf die krystallinische Structur des Eisens Einfluß. Vergl. J. Weber: Lehrb. der Naturwissensch. Landshut 1805. 8. B. III. Kr."

§. 1438. Der Magnetismus kann dem Stahle und Eisen auf verschiedene Art durch einen natürlichen Magnet mitgetheilt werden. Schon dadurch, daß eine eiserne oder stählerne Nadel an der Armatur eines natürlichen Magnets

eine kurze Zeit hänge, erhält sie das Vermögen, leichtes Eisenfeil zu ziehen, und zeigt an der Spitze, womit sie den Pol des Magnets berührt, den entgegengesetzten Pol des Magnet; oder die Spitze der Nadel wird z. B. zum Südpole, wenn sie an dem Nordpole des Magneten hing. In dieser Mittheilung des Magnetismus liegt auch zum Theil der Grund, daß sich an den am armirten Magnete hängenden Bart vom Eisenfeil noch mehreres anlegt, und daß man auf diese Art eine große Menge Eisenfeil schwebend erhalten kann.

§. 1439. Stärker und dauerhafter ertheilt man dem Stahle, oder gutem Eisen, den Magnetismus durch das Streichen mit dem Magnete. Man hat eine doppelte Art: die eine heißt der einfache Strich, die andere der Doppelstrich. Um so etwa in einem eisernen oder stählernen Stabe den Magnetismus zu erregen, setzt man beym einfachen Striche auf den gehörig festliegenden Stab einen Pol des armirten Magneten in der Mitte des Stabes auf, und führt ihn nach dem Ende zu ab, setzt ihn in der Mitte des Stabes wieder auf, und fährt so mit einem gelinden Striche mehreremale fort. Das Ende der geriebenen Hälfte des Stabes wird der entgegengesetzte, oder der ungleichnamige, oder der freundschaftliche Pol des nördlichen Magnets, also zum Südpole, wenn man mit dem Nordpole dieses Streichen verrichtete. So verfährt man nun auch mit der andern Hälfte des Stabes, setzt den andern Pol des armirten Magnets auf, und streicht damit. Man muß hierbey aber nicht die Pole verwechseln, oder rückwärts streichen.

§. 1440. Durch den Doppelstrich (§. 1439.) magnetisirt man den Stahl oder das Eisen, wenn man den armirten Magnet mit seinen beyden Polen der Länge nach auf den Stab aufsetzt, und so der Länge nach mehreremale von dem einen Ende bis zum andern reibt, und zuletzt den Magnet wieder von der Mitte des Stabes abführt. Das

Ende

Ende des Stabes, welchem bey diesem Reiben der Nordpol des armirten Magnets zunächst war, wird zum Südpole, und das andere zum Nordpole.

§. 1441. Weiches Eisen nimmt hierbey den Magnetismus leichter an, als hartes, oder als Stahl, verliert ihn aber auch leichter als dieses. Und um ihn in den magnetisirten Stäben zu erhalten, ist es gut, zwey davon so neben einander aufzubewahren, daß ihre freundschaftlichen Pole bey einander liegen und mit einem Anker geschlossen sind.

§. 1442. Auf eine ähnliche Art macht man auch die magnetischen Hufeisen, an denen man die Stärke der Anziehung gegen das Eisen ebenfalls durch einen Anker und durch angehängte Gewichte, wie bey dem armirten Magnete (§. 1418.) bestimmen kann.

§. 1443. Auch den Magnetnadeln (§. 1413.) wird auf diese Art der Magnetismus entweder durch den einfachen Strich oder durch den Doppelstrich ertheilt. Sie werden aus dünnem Stahle bereitet, und sind in der Mitte mit einem recht glatt ausgehöltem Hute von Messing oder Achat versehen, mit welchem sie auf einer feinen Spitze horizontal schweben, und sich frey darauf bewegen können. Ihre Vollkommenheit beruht auf ihrer gehörigen und symmetrischen Figur, auf der Stärke des ihr mitgetheilten Magnetismus, und auf der Freyheit ihrer Bewegung.

Vom Compaß oder der Boussole, seinem Gebrauche und Nutzen.

Eine neue, sehr empfindliche Art der Aufhängung der Magnetnadeln vermittelst der starken Fäden der Kreuzspinne hat Bennet angegeben.

Von einer neuen Art, die Magnetnadel aufzuhängen, von Bennet; im Journal der Physik, B. VII. S. 355 ff.

„Coulomb's Art, die Magnetnadel aufzuhängen, sehe man in dessen Abhandlung über den Magnetismus; in Gren's neuem Journal der Physik, B. II. S. 301. F."

§. 1444. Jede Magnetnadel ist, wie das Eisen und der Stahl überhaupt, nur eines gewissen Grades des Mag-

netismus fähig, der nicht überschritten werden kann, so stark auch die Magnete sind, womit man sie magnetisirt.

§. 1445. Eben so hat Coulomb gefunden, daß bey einer Magnetnadel die Summe der Kräfte, welche die Nadel oder einen Theil davon gegen Norden sollicitirt, genau gleich ist der Summe der Kräfte, welche die Nadel oder ihren Theil gegen Süden sollicitirt.

Coulomb a. a. O. S. 300.

§. 1446. Er hat ferner entdeckt, daß bey Magnetnadeln von verschiedenen homologen Dimensionen, aber von einerley Natur, wenn sie bis zur Sättigung magnetisirt worden sind, sich die Momente der dirigirenden Kräfte wie die Würfel der homologen Dimensionen verhalten.

Coulomb a. a. S. 309.

§. 1447. Eine Magnetnadel wird durch das Magnetisiren nicht schwerer und nicht leichter, als sie vor dem Magnetisiren war.

§. 1448. Die Magnetnadeln und der Magnet richten sich aber in den wenigsten Fällen genau nach Norden, und die Polarität derselben gilt nur mit Einschränkung. Wir finden nehmlich, daß die Magnetnadel an den meisten Orten auf der Erde sich von der wahren Richtung der Mittagslinie entweder nach Westen oder nach Osten zu mehr oder weniger abwendet, und daher der magnetische Meridian nicht immer mit dem wahren Meridian übereinstimmt. Der Winkel, welchen sie auf diese Art mit der wahren Mittagslinie macht, heißt die Abweichung oder Declination der Magnetnadel (Declinatio s. Variatio acus magneticae).

§. 1449. Die Abweichung der Magnetnadel ist an den verschiedenen Stellen der Erde verschieden. Es giebt einige Stellen, wo die Abweichung gar nicht Statt findet, oder wo die Richtung der Achse der Nadel mit der Mittagslinie des Ortes genau parallel ist; andere, wo die Nadel

westlich, noch andere, wo sie östlich abweicht. Aus mehrern Beobachtungen hat man Karten entworfen, worauf diese Abweichungslinien der Nadel gezeichnet sind (Declinationskarten).

§. 1450. Eine solche Linie auf der Erde, auf welcher die Magnetnadel nicht abweicht, geht von dem südlichen Theile des großen indischen Meeres, und Neuholland, durch die philippinischen Inseln, das südliche China und durch Asien, vermuthlich bis in das Eismeer zwischen Nova Zembla und Spitzbergen. Eine andere solche Linie, auf der keine Abweichung der Nadel Statt findet, geht durch das äthiopische Meer und einen Theil des atlantischen Meeres, bey dem Kap St. Augustin in Brasilien und den Bermudischen Inseln vorbey, endlich in die nordamerikanischen Länder. Von dieser letztern Linie an ist auf der Erde nach Osten zu die Abweichung der Magnetnadel westlich. Diese ist also in ganz Europa, in Afrika, in dem östlichen Theile der nordamerikanischen Länder, und in dem südlichen Theile des westlichen Asiens westlich. Die Abweichung nimmt von jeder Linie an immer mehr und mehr zu, bis im Oceane westwärts von Großbritannien, und ostwärts vom Vorgebirge der guten Hoffnung, wo sie 1770 am größesten war, nehmlich 25°. Von hier an nimmt die Abweichung der Nadel immer mehr und mehr ab, je weiter man nach Osten zu kommt, und wird immer kleiner, bis sie sich an der ersten erwähnten Linie ohne Abweichung ganz wieder verliert. Von dieser Linie an ostwärts fängt die Abweichung an, östlich zu werden, und nimmt immer mehr und mehr zu. Die größte östliche Abweichung von 25° ist unterhalb der südlichen Spitze von Amerika. Von hier an nimmt die östliche Abweichung wieder ab, und verliert sich endlich auf der angezeigten zweyten Linie ganz.

Berliner astronomisches Jahrbuch für 1779.

§. 1451. Aber auch selbst an einerley Orten ist die Abweichung nicht zu allen Zeiten dieselbe, sondern leidet

Veränderungen (Variatio declinationis). Nach lange fortgesetzten Beobachtungen zu Paris hat man gefunden, daß die Nadel vor dem Jahre 1666 östlich abwich; im Jahre 1666 hatte sie keine Abweichung. Seit dieser Zeit fieng sie an, immer mehr und mehr westlich abzuweichen, und im Jahre 1783 betrug diese westliche Declination 21° 4'. Jetzt scheint die westliche Abweichung daselbst wieder abzunehmen. Man sieht hieraus leicht, daß die Declinationskarten nicht für immer dienen können.

§. 1452. Aber die Zunahme der Abweichung der Nadel an einem und demselben Orte ist eigentlich oscillirend, wie Cassini durch seine genauern Beobachtungen gefunden, und hat keinen constanten progressiven Gang, so daß es ein tägliches, monatliches und jährliches Maximum und Minimum dieser Abweichung giebt, welches zu verschiedenen Zeiten gar sehr verschieden seyn kann, und woraus zugleich erhellet, wie unzuverlässig es ist, durch Eine Beobachtung die mittlere Declination der Nadel für einen Ort bestimmen zu wollen.

Abweichung und Variation der Magnetnadel auf dem Königl. Observatorium zu Paris seit 1667 bis 1791 beobachtet. Von Cassini; im Journal der Physik, B. VII. S. 418 ff., B. VIII. S. 435 f.

„v. Humboldt's Beobachtungen zu Folge schneidet eine, durch einen Theil des atlantischen Oceans laufende Linie den Meridian von Paris bey 65° S. B.; von dort N. W. westlich bis 55° westl. Länge der Küste von Paraguay zustreichend, wendet sie sich hierauf nördlich längs der brasilianischen Küste bis zur Breite von Cayenne, und dann wieder nordwestlich, den vereinten Staaten von Nordamerika zugehend, und in dieser Richtung sie durchlaufend. — Jene (oben §. 1450. beschriebene erste Linie ohne Abweichung, theilt sich Schubert's Beobachtungen zu Folge im großen indischen Archipelagus in zwey Arme, deren einer in nördlicher Richtung China durchschneidet, und dann durch das östliche Sibirien streicht, während der andere durch Persien und das westliche Sibirien in derselben Richtung Lappland schneidet. Beyde Theilungsrichtungen sind seit 140 Jahren ohne merkliche Aenderung, da hingegen jene den Pariser Meridian schneidende seit langer Zeit mehr und mehr westlich wird. — Entfernt man sich östlichwärts oder westlichwärts von der einen oder der anderen dieser Linien (deren noch eine vierte das Südmeer zu durchstreichen scheint) so weicht die Nadel in der entgegengesetzten Richtung ab. Ob die noch im vorigen Jahrhundert bey uns westliche Abweichung, in dem gegenwärtigen sich wieder in die entgegengesetzte

Richtung wenden wird, oder schon gewendet hat (wie behauptet wird) muß sich binnen vielleicht zehn Jahren ausweisen; sie scheint bis dahin sich wenig oder gar nicht geändert zu haben. Da nun diese Aenderungen an einem und demselben Orte (und wie zuverlässige Beobachtungen erwiesen haben, tägliche und jährliche Maxima und Minima bietend) eintreten, so scheinen sie eines Theils an dieselben Einflüsse geknüpft zu seyn, welche die Jahrszeiten bestimmen, andern Theils aber auch noch anderweitigen unbekannten Störungen unterworfen zu seyn. Vergleiche Biot a. a. O. B. III. S. 134 u. f. Gilbert's Annalen B. XXVII. S. 468. B. XXIX. S. 584. 428. B. XXX. S. 481. B. XXXII. S. 77. B. XXXV. S. 206. — Ueber Steinhäuser's Annahme eines in der hohlen Erde sich bewegenden magnetischen Weltkörpers; B. LVII. S. 395 ff. Kr."

§. 1453. Wenn auch die Magnetnadel so gearbeitet ist, daß sie vor dem Streichen mit dem Magnete völlig waagerecht auf der Spitze schwebt, so findet man doch, nachdem sie ist magnetisirt worden, daß sie ihr Gleichgewicht verliert und sich mit der einen Spitze unter den Horizont neigt. Der Winkel, welchen die dazu eingerichtete Nadel mit der Horizontallinie macht, heißt die Neigung oder Inclination der Magnetnadel (Inclinatio acus magneticae).

§. 1454. Um die Magnetnadel so aufzuhängen, daß sie die Inclination ungehindert zeigt, dient die gewöhnliche Einrichtung mit dem Hute nicht, sondern sie wird vielmehr mit Zapfen versehen, an welchen sie in der Mitte eines Ringes hängt (Neigungsnadel, Neigungscompaß). Damit man die Neigung gehörig bemerken könne, muß die Nadel auch zugleich im magnetischen Meridian stehen. Denn, wenn ihre Achse nicht im magnetischen Meridian ist, so sind die Neigungen größer; und wenn sie den magnetischen Meridian rechtwinklig durchschneidet, so steht sie gar völlig lothrecht, wenn sie anders gut und fein genug gearbeitet ist.

Wolfs nützliche Versuche, Th. III. Kap. 4. §. 61. Recueil des pièces sur les boussoles d'inclinaison, à Paris 1748. 4. Branders und Höschels Beschreibung des magnetischen Declinatorii und Inclinatorii, Augsburg 1779. 8. „Robert Norman erfand diese Inclinationsnadel 1576. Kr."

„Die Verfertigung guter Inclinationsnadeln ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden: daher findet man auch weit weniger gute Beobachtungen über die Inclination, als über die Declination. Neuer-

lich hat uns A. von Humboldt eine Reihe höchst interessanter Versuche geliefert, die mit der Inclinationsnadel angestellt sind, besonders über die Stärke der magnetischen Kraft an verschiedenen Orten des Erdbodens. F."

„Mayers Beschreibung eines neuen Inclinationscompasses und der sichersten Art, die magnetische Neigung genau zu bestimmen; Gilbert's Ann. B. XLVIII. S. 229—268. Kr."

§. 1455. In dem größten Theile der nördlichen Halbkugel unserer Erde ist es der Nordpol der Magnetnadel, der sich gegen die Horizontalebene neigt. Diese Neigung ist nicht an allen Orten gleich stark, und nimmt zu, je weiter der Ort vom Aequator absteht, oder je größer seine Breite ist. In der südlichen Hälfte unserer Erde macht die Spitze des Südpols der Magnetnadel die Neigung, und diese nimmt ebenfalls nach Verhältniß der Breite des Ortes zu. Sonst ist die Inclination der Nadel, so wie ihre Declination, mancherley Veränderungen unterworfen.

Beobachtungen neuerer Zeiten über die Größe der Neigung der Nadel hat Cavallo in einer Tabelle zusammengestellt: Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Magnete, mit einigen Versuchen, von Tiber. Cavallo; aus dem Engl., Leipzig 1788. 8.

„Der magnetische Aequator schneidet den geographischen unter einem Winkel von 12°. Einmal schneidet der magnetische Aequator den geographischen bey 115° 4′ westl. Länge von Paris, und hiernach muß er ihn bey 295° 54′ westl. L. wieder schneiden; Bayly's und Cook's Beobachtungen geben aber ersteren unter 5° 15′ 40″ südl. Br. und 158° 50′ 9″ w. L., statt daß sie ihn hätten unter 8° 56′ 50″ nördl. Breite treffen müssen, eben so Dalrymple's Beobachtungen 256° westl. Länge und 7° nördl. Breite, woraus folgt, daß der geogr. Aequator nicht an zwey, sondern an vier Punkten vom magnetischen geschnitten wird, von denen die letzteren beyden zwischen 115° 54′ und 158° 50′ 9″, und zwischen 158° 50′ 9″ und 256° westl. Länge fallen müssen. Biot B. III. S. 127 ff. — Halley u. a. A. und in unsern Zeiten vorzüglich Hanßen erklären diese Erscheinungen aus der Annahme zweyer magnetischer Erdachsen; Cavallo und Biot leiten sie von zerstreuten Eisenmassen ab, und der erstere nimmt an, daß der ganze Erdmagnetismus die Wirkung des in der Erde befindlichen, nach Norden mehr angehäuften und darum unter nördlichen Breiten absolut stärker wirkenden Eisens sey; eine Hypothese, die wenig für sich, aber viel gegen sich hat. Kr."

„Da die Meteorsteine Metalle enthalten, die des Magnetismus fähig, und zum Theil selbst magnetisch sind, so scheint dieß zu beweisen, daß die Bedingungen für die magnetischen Wirkungen auch außerirdisch sind, was außerdem die große Verbreitung dieser Wirkungen auf der Erde und Coulomb's Gesetz über dessen Fernwirkungen wahrscheinlich machen. Vergl. Biot a. a. O. Heller und

Schweigger in dessen Journ. B. VII. S. 79. 88. B. IX. S. 155. Gegen Coulomb's Gesetz über die Abnahme der magnetischen Kraft bey der Fernewirkung scheint Sacharow's Beobachtung zu streiten, der zu Folge in den höheren Regionen der Luft die Wirkung auf die Nadel beträchtlich vermindert seyn soll; indeß sagen Biot's und Gay-Lussac's Beobachtungen, welche dieselben in einer Höhe von 3552 Toisen (ebenfalls bey einer Luftfahrt) anstellten, das Gegentheil, woraus, indem ihre Nadel eben so stark als auf der Erde wirkte, hervorzugehen scheint, daß sich der Erdmagnetismus in sehr beträchtlichen Fernen wirksam zeigt. Kr."

§. 1456. In Eisen und Stahl kann der Magnetismus auch ursprünglich hervorgebracht werden, ohne Beyhülfe eines natürlichen oder künstlichen Magnets, und also ohne Mittheilung des Magnetismus. Man hat gefunden, daß eiserne Stangen und Stifte, wenn sie eine Zeit lang in lothrechter Stellung aufgestellt werden, wenigstens Polarität zeigten, noch mehr, wenn sie im magnetischen Meridian unter einem Winkel gegen den Horizont geneigt standen, wie es die Inclinationsnadel angiebt. Das untere Ende eines solchen Stabes stößt den Nordpol der Magnetnadel, und zieht den Südpol: es ist also selbst der Nordpol. Die Polarität ist aber nur von gar kurzer Dauer, und verliert sich bey einer horizontalen Stellung bald wieder. So kann man auch augenblicklich Polarität in einer eisernen Stange zuwegebringen, wenn man sie lothrecht in der Hand hält, und mit einem Hammer oder Schlüssel von einem Ende der Stange bis zum andern Ende sanft klopft. Das untere Ende wird der Nordpol, das obere der Südpol. Durch Umkehren der Stange und neues Anschlagen kann man die Pole leicht wieder verwechseln. Stählerne Werkzeuge, womit man kaltes Eisen bohrt oder schneidet, werden an der Spitze oft magnetisch; ingleichem zeigt das Eisen Polarität, wenn es glühend in kaltem Wasser abgelöscht ist oder gewaltsam zerbrochen wird. Durch die elektrischen Funken hat man magnetische Kraft in dem Eisen entstehen, durch stärkere sie aber auch wieder verschwinden sehen.

§. 1457. Außer mehreren von Knigth, Mitchell, Canton, Ingenhouß, ausgefundenen Methoden, den

Magnetismus im Eisen ursprünglich zu erregen, hat besonders Antheaulme eine Methode bekannt gemacht, nach welcher man leicht und bequem den Magnetismus im Eisen ursprünglich erwecken und sehr stark machen kann.

Knigth, in den *Philos. transact.* Vol. LXIX. S. 51 ff. A Treatise of artificial magnet, by *A. Mitchel*, Lond. 1750. 8. *Canton*, in den *Philos. transact.* Vol. XLVII. S. 31 ff., und übersetzt im Hamburg. Magaz. B. VIII. S. 599. Ingenhouß vermischte Schriften, B. I. S. 40 ff. Mémoire sur les aimants artificiels, qui a remporté le prix de l'acad. de Petersb., par Mr. *Antheaulme*, à Paris 1760. Karstens Entwurf der Naturwissenschaft, §. 1685 ff.

„Morechini's Beob. zu Folge wird Eisen im violetten Strahl des prism. Farbenbildes magnetisch (d. i. derselbe Strahl, der die Körper am stärksten elektrisirt); Configliachi's Einwürfe: Gilbert's Ann. B. XLIII. S. 212. Vergl. Schweigger's Journ. B. XI. S. 10. Kr."

§. 1458. Der natürliche Magnet sowohl als der künstliche verliert seinen Magnetismus gänzlich durch das Glühen im Feuer und durch die Oxydation. So wird auch dem Stahle oder Eisen der Magnetismus durch starkes Werfen, Krummbiegen, oder durch Rückwärtsstreichen bald wieder geraubt. Wie man in den magnetisirten Stäben den Magnetismus dauerhaft erhalte, das habe ich oben (§. 1441.) schon angeführt. Eben so bewahrt man auch armirte Magnete oder magnetische Hufeisen am besten auf, indem man sie paarweise mit ihren freundschaftlichen Polen an einander legt.

§. 1459. Noch ist hier folgendes, von Brugmann entdecktes Phänomen beym Streichen eines Stabes von Eisen oder Stahl mit dem Magnete zu erwähnen. In jedem Stabe AC (Fig. 176.), er sey von Eisen oder Stahl, giebt es zwey Punkte M und N, die so beschaffen sind, daß, wenn man bey ihnen mit dem Streichen eines starken Magnets, womit man an einem Ende, wie in A, angefangen hat, aufhört, bald in A, bald in C keine magnetische Kraft hervorgebracht wird. Wenn man nehmlich nur bis M gestrichen hat, so wird in A kein Magnetismus erscheinen; streicht

man bis N, so wird er am andern Ende C mangeln, ob man gleich, wenn man dies- oder jenseits der Punkte M und N mit Streichen aufhört, einen bemerkbaren Magnetismus an beyden Enden hervorbringt. Brugmans nennt diese Punkte M und N Indifferenzpunkte, weil die Enden der Stäbe, die bis dahin gestrichen werden, auf die Pole einer Magnetnadel ohne Unterschied (indifferent) wirken, und beyde mit gleicher Leichtigkeit anziehen.

Philosophische Versuche über die magnetische Materie und deren Wirkung in Eisen und Magnet, aus dem Latein von Anton Brugmans übersetzt, herausgegeben von Christ. Gotth. Eschenbach, Leipz. 1784. 8. S. 70 ff.

§. 1460. van Swinden, der die Theorie der Indifferenzpunkte Brugmans mit sehr vielem Scharfsinne untersucht hat, setzte zu diesen Indifferenzpunkten noch einen culminirenden Punkt, mit dem es folgende Bewandtniß hat. Wenn man das eiserne Stäbchen AC mit dem Pole eines Magnets, z. B. mit dem Nordpole, von A nach C streicht, so erscheint im Anfange in A der Südpol und in C der Nordpol, dessen Kraft immer zunimmt, indem man den Magnet durch einen bestimmten Raum von A fortführt. Es ist aber ein Punkt in dem Stäbchen AC von der Eigenschaft, daß, wenn der Magnet vom Ende A bis dahin geführt worden, alsdann das Maximum der nördlichen Kraft an dem Ende C beobachtet werde. Diesen Punkt nennt van Swinden den culminirenden Punkt (Punctum culminans), weil, wenn man diesseits oder jenseits dieses Punktes mit Streichen aufhört, die Polarkraft am Ende C allemal schwächer ist. van Swinden zeigt durch seine Versuche, daß die drey Punkte, nehmlich der culminirende und die beyden Indifferenzpunkte, nicht nur von der Länge und Dicke des eisernen Drathes oder Stabes, sondern auch von der Härte des Eisens und der Stärke des Magnets abhängen.

Brugmans a. a. O. S. 81 ff. Tentamina theoriae mathematicae de phaenomenis magneticis. Specimen I. sistens principia generalia ad novam punctorum indifferentiae et puncti culminantis theoriam. Franequ. 4 maj

Ueber die magnetische Intensität jedes Punktes einer Magnetnadel hat Coulomb sehr lehrreiche Erfahrungen angestellt.

Coulomb's oben (§. 1435.) angef. Abhandl. „und Biot a. a. O. Kr."

§. 1461. Jede Theorie über den Magnetismus ist bis jetzt unzureichend gewesen. Noch sind unsere Kenntnisse über die Erscheinungen selbst nicht weit genug vorgerückt, und die Thatsachen selbst noch nicht genugsam vervielfältigt, um darauf ein Lehrgebäude errichten zu dürfen.

* * *

Petri van Muschenbroek dissert. physica experimentalis de magnete in seinen *diss. phys. et geom.* S. 1 ff.

Leon. Euleri opusculor. T. III. continens novam theoriam magnetis, Berol. 1751. 4.

Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, auctore *F. V. T. Aepino*, Petropol. (1759.) 4.

Anton Brugmans Beobachtungen über die Verwandtschaften des Magnets, aus dem Lat. von C. G. Eschenbach, Leipzig 1781. 8.

Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Magnete, mit eignen Versuchen, von Tiber. Cavallo; a. d. Engl. Leipzig 1788. 8.

Vom Ursprunge der magnetischen Kräfte, von P. Prevost, aus dem Franz. von Dav. Lud. Bourguet, Halle 1794. 8.

„Hauy's (oben angeführte) Theorie der Elektr. und des Magnetismus rc. Aus dem Fr. von F. Mürhard. Altenburg 1801. 8. Kr."

Sechstes Hauptstück.

Nähere Betrachtung unserer Erde und der Atmosphäre.

---

§. 1462.

Wir haben nun noch unsern Erdkörper, den wir bewohnen, und die Atmosphäre, die ihn umgiebt, mit den in derselben vorgehenden Erscheinungen, näher zu betrachten. Die Bestimmung der Gestalt, Größe, und der Verhält-

nisse und Beziehungen unseres Erdballs gegen andere Weltkörper unseres Sonnensystems überlassen wir der Astronomie. Wir betrachten hier 1) das feste Land, a) nach seiner äußern Beschaffenheit, b) nach seiner innern Construction, so weit wir sie durch Beobachtungen über die Gebirge, und durch bergmännische Erfahrungen kennen; 2) das Meer und die Gewässer des festen Landes; 3) die Atmosphäre mit ihren mannigfaltigen Materien.

Festes Land.

§. 1463. Den größten Theil unserer Erdkugel bedeckt das Meer. Das feste Land, das gewissermaßen als zwey große und als eine Menge kleinerer Inseln daraus hervorragt, ist auf seiner Oberfläche ziemlich unregelmäßig gebildet; und man darf nur hie und da einen flüchtigen Blick auf das übrige feste Land und den Lauf der darauf befindlichen Flüsse werfen, um zu finden, daß es sich vom Meere nach dem Innern hin mit sehr verschiedenen Abwechselungen von kleinen und größern Erhöhungen, und in sehr verschiedenen Verhältnissen erhebt, welche die Hügel, Anhöhen, einzelnen Berge und zusammenhängenden Gebirge, Bergreihen und Bergketten bilden, zwischen denen Vertiefungen von verschiedener Größe und Gestalt, Schluchten und Thäler entstehen.

§. 1464. Die Seeküsten sind gewöhnlich die niedrigsten Theile des festen Landes, und im Allgemeinen pflegt der mittlere Theil desselben der höchste zu seyn. Solche Stellen werden überhaupt Landhöhen, oder, wenn sie sich in weite Flächen ausdehnen, Plattformen, und wenn sie sich weit fort erstrecken, Landrücken oder Bergrücken genannt. Die großen Bergketten des festen Landes scheinen fast durchgängig zusammenzuhängen; und selbst die Inseln des Meeres können als die Gipfel der unter dem Meere liegenden Gebirgsketten angesehen werden. Die Hauptgebirgsketten selbst bestehen zur Seite gemeiniglich

aus kleinern Reihen von Gebirgen. Eine allgemeine oder regelmäßige Anordnung in der Richtung dieser Bergketten darf man aber wohl nicht in dem allgemeinen Plane der Natur suchen.

§. 1465. Der Lauf der Flüsse zeigt an, welche Gegend des festen Landes höher ist, als eine andere. Unter der Höhe eines Berges über einem andern Ort versteht man die Perpendicularlinie, welche von der Spitze des Berges bis zu der Horizontalfläche des Ortes gezogen wird; und gemeiniglich giebt man diese Höhe über der Meeresfläche an. Man findet sie entweder durch geometrische Ausmessung, oder durch Wasserwägen, oder durch das Barometer. Vermittelst des letztern bestimmt man auch die Höhe einer Gegend oder eines Ortes überhaupt über der Meeresfläche.

Von den merkwürdigsten Gebirgen und ihrem Laufe:

Torbern Bergmann physikalische Beschreibung der Erdkugel, aus dem Schwed. von Röhl, Greifsw. 1780. 4. *G. S. Pallas* Observations sur la formation des montagnes, à St. Petersbourg 1777. 4., übers. in den Sammlungen zur Physik und Naturgesch. B. I. S. 181 ff.

Von den durch Messungen gefundenen Höhen der vornehmsten Berge und Oerter:

Pasumot, im *Journ. de Phys.* T. XXIII. S. 195 ff. Gehlers phys. Wörterb. Th. I. S. 502. *Sennebier*, im *Journ. de Phys.* T. XXVIII. S. 467. *Van Swinden* positiones physic. T. II. S. 236 ff. Leopold von Buch Barometrische Reise über den Brenner von Salzburg nach Trento, in v. Moll Jahrb. der Berg- und Hüttenkunde, IV. B. 1. Lieferung; desgl. v. Zach Geograph. Ephemeriden, Jan., März und August 1798. „v. Charpentier: Darst. der Höhen verschiedener Berge, Flüsse und Orte Schlesiens. Breslau 1812 4. Ueber die Höhen der Berge in Hindostan von A. v. Humboldt; Gilbert's Ann. B. LVI. S. 1 ff. Höhenbestimmungen der amerikanischen Cordilleren; ebendas. und Höhenbest. der Gebirge Brasiliens a. a. O. B. LIX. S. 121. Kr."

„Die Höhe des Chimborasso des amerikanischen Hochgebirges, schätzt man auf 19602 paris. Fuß; die des Dhawalagiri (oder des weißen Bergs) in Nepaul in Hindostan auf 25572 paris. Fuß über die Meeresfläche. Kr."

„Den Stoff zu den nachfolgenden Abänderungen der §§. der vorigen Auflage, verdanke ich größtentheils der freundschaftlichen Mittheilung meines verehrten Collegen, des geschätzten Mineralogen Hrn. Professor Nöggerath hieselbst. Früher (in Heidelberg) zwar Mineralogie lehrend, späterhin aber auch nur dem Studio der Physik und Chemie mich widmend, habe ich es für dieses Lehrbuch am erforderlichsten

gehalten, die im Nachfolgenden gegebene kurze Darlegung des jetzigen Standes der Wissenschaft vom Bau der Erde aus dem Kenntnißschatz eines Mannes zu entlehnen, gegen den ich mich in dieser Hinsicht verhalte, wie der aufmerksame Schüler zum kundigen Meister. Kr."

§. 1466. Im Ganzen genommen, kommt die Höhe der Berge gegen die Dicke der Erdkugel in fast gar keinen Betracht; und sie nebst den Thälern benehmen ihr also ihre Kugelgestalt bey weitem nicht, wenn wir uns die Erde im Ganzen vorstellen. Die Gebirge selbst haben eine beträchtliche Menge Klippen und schroffer Felsen; aber die mehresten und beträchtlichsten steigen doch sanft an, und sind an ihrem weit ausgebreiteten Fuße, und an ihrem Abhange, so wie die Landhöhen, mit der zum Wachsthume der Pflanzen bestimmten Dammerde bedeckt. Nur die höchsten ausgenommen, sind die mäßigen Gebirge und Bergketten mit Waldungen gezieret. Hie und da finden sich Landebenen mit vielem Sande bedeckt.

§. 1467. Die Physiognomik der Gebirge verdient die besondere Aufmerksamkeit des Gebirgsforschers, denn überall bilden dieselben Gesteinarten Felsgruppen von analogen äußern Formverhältnissen; überall hat die Beschaffenheit des Gebirgsgesteins die äußere Gestalt der Berge bedingt und insbesondere kömmt neben der Masse des Gesteins, auch vorzüglich die Textur desselben als bedingende Potenz der Gebirgmassen-Umrisse vor. Wenig ist in diesem Theile der Wissenschaft noch gethan; A. v. Humboldt hat aber hierin trefflich vorgearbeitet; Voyage d'Alexandre de Humboldt. 4. partie.

§. 1468. Erst die neuern Naturforscher haben diesen Unterschied der innern Beschaffenheit der Gebirge genauer zu bestimmen gesucht, und sind auf die dabey vorgefundenen wichtigen Documente zur Geschichte der Entstehung der Berge und unsers festen Landes aufmerksamer gewesen. Das Innere der Gebirge liefert uns offenbare Spuren ihres verschiedenen Alters; und wenn diese gleich noch nicht zu

einer allgemein befriedigenden Vorstellung der Geologie hinreichen, so lassen sie sich doch zu besondern kosmologischen Folgerungen allerdings benutzen.

Pallas oben (§. 1465.) angeführte Schrift. *J. A. de Luc* Lettres physiques et morales sur l'histoire de la terre et de l'homme, à la Haye 1779. T. I—V. gr. 8. J. A. de Luc physik. und moral. Briefe über die Gesch. der Erde und des Menschen, B. I. II. Leipzig 1781. 8. Mineralogische Geographie der chursächsischen Lande, von J. F. W. Charpentier. Leipzig 1778. 8. Praktische Gebirgskunde von J. C. W. Voigt, Weimar 1797. 8. Saussüre's Reisen durch die Alpen (s. oben S. 15.). Erfahrungen vom Innern der Gebirge, nach Beobachtungen gesammlet von *Friedr. Wilh. Heinr. von Trebra*, Dessau und Leipzig 1785. Fol. Kurze Classification und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten, von A. G. Werner, Dresden 1787. 4. De Luc's Briefe an de la Metherie; im Journ. der Phys. v. Buchs mineralogische Beschreibung von Landeck, Breslau bey Korn. 1797. 4. Mineralog. Bemerk. über den Harz, v. J. C. Freiesleben, Leipzig 1795. 8.

„Ein bestimmt begränztes Gebirge ist nicht aus einer einzigen Gebirgsart zusammengesetzt; es finden sich meistens deren mehrere. Die einzelnen verschiedenartigen Gebirgsmassen nennen wir Lager. Die Lager sind meistens noch durch einzelne Absonderungen in viele plattenförmige Theile getrennt, die wir Schichten nennen. Die verschiedenen Gebirgslager stehen in mannigfachen Verhältnissen zu einander; sie kommen über einander, neben einander und in einander vor. Die Schichtung der Gebirgsmassen, die sich auf andere Gebirgslager aufgeschichtet haben, richtet sich meistens nach der Richtung der Fläche der untern Gebirgsart, aber bey weitem nicht bey allen Gebirgsarten bemerken wir diese Abhängigkeit von der unterliegenden Gebirgsart; häufig und vorzüglich bey den Grundgebirgen finden wir eine selbstständige Struktur. Will man einen richtigen Begriff von der Struktur dieser Gebirge erhalten, so darf man sie nicht theilweise betrachten, sondern man muß sie im Ganzen ins Auge fassen. Wir finden im Grundgebirge eine große Selbstständigkeit der anziehenden Kräfte, eine überwiegend ruhige Gestaltung, die mit der Form der benachbarten Massen oft fast gar nichts gemein hat; eine fächerförmige Stellung der Schichten ist dabey kein gar seltenes Vorkommen. Daher kann auch die Lagerung nicht immer und nicht überall als das Kriterium einer relativen Altersfolge der Gebirgsarten betrachtet werden, wie dies Werner meinte. Für ganze Gebirgsformationen (zusammengehörige Gebilde von Gebirgslagerungen) scheint sich die Lagerung als Kriterium der relativen Altersfolge zu bewähren, in der Art, daß die obern Gebirgsformationen den unterliegenden im relativen Alter nachstehen, so daß erstere später als letztere entstanden seyn müssen."

„Jedem Gebirgslager ist eine gewisse Gebirgsart eigenthümlich, denn dadurch wird das Gebirgslager bestimmt; aber nicht immer ist die Gesteinsmasse der Gebirgslager in ihrer ganzen Ausdehnung gleichförmig. Es finden sich darin fremdartige Massen, die mit der allgemeinen Benennung „besondere Lagerstätten" bezeichnet werden.

Sie zeichnen sich durch ihre Einzelnheit und das Bestimmte ihrer Form, vorzüglich aber durch ihre Zusammensetzung aus, indem sie von Erzen und sonstigen einfachen Fossilien gebildet werden, die nicht in mächtiger Verbreitung vorkommen. Die besondern Lagerstätten zerfallen in solche, die mit den sie umschließenden Gebirgsmassen gleichzeitig, und solche, die damit ungleichzeitig entstanden sind."

„Erstere zeigen in ihrer Lage, zwischen den Schichten der Gebirgsmassen keine Abweichung von der Richtung der Gebirgsschichten selbst, der Unterschied liegt in der besondern Ausfüllungsmasse. Nach ihren verschiedenen Dimensionen werden sie Lager, Stückgebirge, Nieren und Nester und liegende Stöcke genannt.

Die später entstandenen besondern Lagerstätten sind dadurch besonders charakterisirt, daß sie die Gesteinsschichten der Queere nach in mannigfaltigen Winkeln durchschneiden. Die wichtigsten dieser Lagerstätten sind die Gänge, wovon sich die stehenden Stöcke und Puppen nur durch abweichende Dimensionen unterscheiden. Die Seitenbegränzungen der Gänge machen das Hangende und Liegende aus. Jenes ist der dem Tage zugekehrte, dieses der demselben entgegengesetzte Theil des Gebirges. Die zwischen dem Gange und dem Hangenden und Liegenden (beydes auch Quergestein genannt) befindlichen, jenen begleitenden Flächen heißen sie Saalbänder. Das Ausgehende und das Tiefste des Ganges sind die entferntesten Punkte desselben. Die Mächtigkeit ist seine Dicke. Das Streichen ist die Lage der horizontalen Ausdehnung der Gangfläche oder ihre Richtung der Länge nach gegen eine bestimmte Himmelsgegend. Fallen ist die Neigung der Gangfläche gegen den Horizont. Die Ausfüllung der Gänge bestehet entweder aus bloßem Gestein (taube Gänge) oder aus solchem und Erzen (edle Gänge.) Gangarten sind: Quarz, Kalkspath, Baryt, Flußspath. Fast alle metallische Fossilien kommen auf Gängen vor."

„Gänge sind Lagerstätten von plattenförmiger Gestalt, welche die Gesteinschichten durchsetzen, und die mit Fossilien angefüllt sind, welche von den Gebirgsarten mehr oder weniger abweichen. Ihre ganze Natur spricht für Werner's Ansicht, der zu Folge sie vormals offene Spalten waren, die sich bey der Austrocknung der Gebirge bildeten und nachher, durch fluide Massen, von oben ausgefüllt wurden. Bey dem Vorkommen mehrerer Gänge von verschiedenem Alter in ein und demselben Gebirge werden die ältern Gänge von den jüngern öfters durchschnitten und zur Seite geschoben. Die von Schmidt aufgestellte und auf Erfahrung gegründete Theorie dieser Verschiebungen, beweist, daß hierbey alles nach den einfachen Gesetzen der Schwere und des Falles vor sich gegangen sey, und bestätiget so Werner's genialische Ansicht von den Gängen. Nach Schmidt's Erfahrungen werden die Gesteinmassen im Hangenden und Liegenden der Gänge in einer, mit der Falllinie der letztern, parallelen Richtung aus einander gezogen, und die Größe der Seitenschiebungen, denen Gänge von früherm Alter unterworfen sind, wird nächst der größern oder geringern Höhe des Sprunges der jüngern Gebirgsspalten, durch die mehr und minder bedeutende Weite der gegenseitigen Neigungswinkel bestimmt. Delius Anleitung zur Bergbaukunst. — Werners neue Theorie von der Entstehung der Gänge. Freib. 1791. — Brunner Neue Hypothese der Entstehung der

Gänge. Leipzig 1801. 4. — Schmidt's Theorie der Verschiebungen älterer Gänge. Frankfurt 1810."

„Ueber die Entstehung der Gänge sind vorzüglich folgende verschiedene Meinungen vorgebracht worden:

1) Die Gänge sind gleichzeitiger Entstehung mit der Bildung der Erde oder derjenigen Gebirgsmassen, worin sie aufsetzen (Agricola, Bergmann, Brunner).

2) Sie sind Zweige und Aeste einer ungeheuren Masse derselben Materie, deren Stock im Innern der Erde liegt (Lehmann).

3) Sie sind durch gewisse, in die schwachen Klüfte eingedrungene Auflösungsmittel umgewandeltes Gebirgsgestein (Trebra, Charpentier).

4) Unterirdische Dämpfe griffen schon vorhandene Gesteinarten an, und veränderten dieselben (Becher, Henkel).

5) Die Gänge sind durch die Wirkung des unterirdischen Feuers in die Gebirgsmassen, worin sie aufsetzen, hineingetriebene Massen (Hutton).

6) Die G. sind in den Gebirgen entstandene und später ausgefüllte Spalten,

a. ausgefüllt durch einen Niederschlag, der durch Wasser aus den Gebirgsmassen aufgelösten Materien (Delius, Lasius, Gerhard).

b. ausgefüllt durch die allgemeine Sündfluth (Stahl im *Museum Becherianum*).

c. ausgefüllt durch ein jüngeres Menstruum von oben (Werner)."

(„Bereits in meinen Beyträgen [Heidelberg 1806. B. I. 8.] machte ich auf die galvanischen Verhältnisse aufmerksam, welche die Ausfüllungsmasse der Gänge zur Zeit der Niederschlagung beherrscht haben, gemäß dem gegenseitigen Verhältniß der Theile jener Masse; späterhin erinnerte ich wieder daran in m. Einleitung in d. neuere Chem. Halle 1814. 8. B. III. Abschn.: und ausführlicher hoffe ich die hieher gehörigen Erscheinungen zu würdigen, im 12. Kap. der 2. Aufl. m. Grundr. der Experimentalphys. II. B. der in Heidelberg 1820. 8 erscheinen wird. Kr.")

„Für die Geschichte der Bildung der Erdrinde verdienen auch vorzüglich die Versteinerungen eine genaue Beachtung; indem ihre Art und ihr Vorkommen auf das respective Alter des Gebirgs schließen läßt; vergl. *F. Blumenbachii* Specimen archaeologiae telluris terrarumque imprimis hanoveranarum. Götting. 1803. fol. *Cuvier* Recherches sur les ossemens des quadrupedes. Paris 4 Vol. 1812. Es kommen nehmlich im älteren Gebirge Versteinerungen vor, welche wesentlich abweichen von jenen des neueren Gebirgs; vergl. Cap. XII. der 1. Aufl. m. Experimentalphys. Im Allgemeinen bemerkt man, daß die thonigen Gebirgsmassen mit den vegetativen, die kalkigen mit den animalischen Erdentwickelungen zusammenfallen (vergl. Steffens Beyträge zur innern Naturgeschichte der Erde. B. I. Freiberg 1801. 8. Döllinger's Metamorphose der Erd- und Steinarten. Erlangen 1803. 8. Leonhard's Bedeut. und Stand d. Mineralogie 1818. 8.; daß die einfachen und niederen Organismen in älteren Gebirgen allein, in neueren als Begleiter mehr zusammengesetzter organischer Ueberreste erscheinen; daß die Zahl der

der letzteren im geraden Verhältniß der Neuheit des Gebirgs steht; daß die Ueberreste im älteren Gebirge vorzüglich solchen Organismen angehören, von denen gegenwärtig keine ähnlichen oder gleichen Thier= oder Pflanzenorganismen anzutreffen sind, während beym jüngeren Gebirge der umgekehrte Fall eintritt; und daß die Ueberreste im älteren Gebirge meist Organismen angehören, welche den jetzt innerhalb der Wendekreise lebenden mehr ähneln, als den mehr nördlich oder mehr südlich wohnenden, während jene des jüngeren Gebirges mehr mit denen übereinstimmen, die noch jetzt in den Gegenden der Fundorte vorkommen; vergl. Nöggerath: Ueb. auf echt im Gebirgsgestein eingeschlossene fossile Baumstämme ꝛc. Bonn 1819. 8. Kr."

§. 1469. „Wenn wir die Menge von Gebirgsmassen betrachten, welche die Erdrinde zusammensetzen, so finden wir bey der Mehrzahl derselben eine bestimmte Norm hinsichtlich ihrer Uebereinanderlagerung. Wieder findet man andere, die nach keiner solchen Regel oder Norm gelagert sind und die auch unter sich kein so bestimmtes deutliches Verhältniß wahrnehmen lassen. Hiernach lassen sich normale und abnorme Gebirgsmassen unterscheiden."

§. 1470. „Unter den normalen Gebirgsmassen finden wir einen bedeutenden Unterschied; der eine scharf gesonderte Theil, meistens aus krystallinischen Gebirgsarten bestehend, ist ganz frey von Petrefakten, da die andern meist Versteinerungen führen. Die erstern Gebirgsarten liegen im tiefsten und die andern darauf. Unter den Versteinerungen führenden Gebirgsarten waltet in dieser Hinsicht wieder eine bedeutende Verschiedenheit ob; die einen dieser Gebirgsarten haben nur Versteinerungen einer uns unbekannten Schöpfung, da in den andern neben den unbekannten Versteinerungen doch auch solche sich finden, deren Originale noch in der Lebenwelt existiren; vergl. Anm. zu §. 1468."

§. 1471. „Wenn wir nun auf die Bildung dieser Gebirgsarten sehen, so finden wir, daß die erstere versteinerungsleere Grundlage das Resultat rein chemischer Kräfte, und daß die letztere Abtheilung im Großen nichts krystallinisches mehr zeigt, sondern ganz mechanisch gebildet

§. 1472. „Hiernach können wir nun die Klasse der normalen Gebirgsarten in drey Abtheil. bringen:

1) Grundgebirge (primäre Gebirgsarten);
2) Mittelgebirge (secundäre Gebirgsarten);
3) Obergebirge (tertiäre Gebirgsarten)."

„Bisher nahmen die Geognosten nach Werner bestimmte Formationen im Grundgebirge (sog. Urgebirge) an, und glaubten, daß der Granit zu unterst liege und die andern Grundgebirgsarten mit abnehmendem Niveau des Ausgehenden daran gelagert seyn. Neuere Beobachtungen haben Ausnahmen hiervon gezeigt. Daher kam man zur Annahme einer zweyten Granitformation. Nach den Erfahrungen von Ebel und Hausmann ist es sehr wahrscheinlich, daß es gar keine Formationen im Grundgebirge giebt, sondern daß dieses ein größeres zusammenhängendes Lagerungsganzes bildet. Noch ist diese Sache aber nicht als entschieden anzusehen. Grundgebirgsarten sind: Granit, Gneus, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Syenit, Porphyr, Grünstein, Gabro, körniger Plattstein, Weißstein, Hornfels, Quarzfels, Kieselschiefer, Gyps. Es sind dieses sämmtlich Gebirgsarten, bey denen eine sehr ruhige krystallinische Bildung charakterisirend ist. Gänge und überhaupt alle besonderen Lagerstätten kommen im Grundgebirge ziemlich häufig vor."

§. 1473. „Die zweyte Abtheilung der Mittelgebirge können wir wieder in drey Folgen theilen:

1) die untern Flötze (sogenanntes Uebergangsgebirge);
2) mittlere Flötze
3) obere Flötze (sog. Flötzgebirge)."

§. 1474. „Diese drey Gebirgsfolgen haben eine gewisse Uebereinstimmung; sie bestehen nehmlich alle drei aus vier Gruppen von Gebirgsmassen:

a) konglutinirten Gebirgsmassen;
b) thonigen Gebirgsmassen;
c) kalkigen Gebirgsmassen;
d) kohligen Gebirgsmassen.

Aber sie haben auch wieder bemerkbare Abweichungen."

§. 1475. „In der ersten Folge halten die Konglutinate, die Thon- und die Kalkmassen einander ziemlich das Gleichgewicht; sie stehen mit einander in solcher Abwechselung, daß bestimmte Formationsgrenzen gezogen werden könnnen."

§. 1476. „Die groben Konglomerate sind vorherrschend, als Grauwacke; die thonigen Massen zeigen sich am häufigsten als Thonschiefer, die kohligen Massen sind sehr sparsam, meistens als Anthrazit. Außerdem kommen aber auch noch krystallinische Gebirgsarten vor, Granit, Sienit, Grünstein. Die Gangbildungen gehören dieser Folge vorzüglich an."

§. 1477. „In der zweyten Folge (sogen. Flötz- oder Kupferschiefergebirge) halten die Konglutinate und Kalksteine einander noch ziemlich das Gleichgewicht, doch fängt der Kalk schon an vorzuherrschen, die Thonmassen sind unbedeutender, sie erscheinen auch nicht mehr so rein, sondern theils mit den Konglutinaten, theils mit den Kalkmassen verbunden, als Schieferthon, Thonstein, Mergel ꝛc."

§. 1478. „Die Konglutinate erscheinen als feinere Konglomerate. Die Kohle zeigt sich weit häufiger und war rein ausgesondert als Schwarzkohle, auch in Verbindung mit Thon als Brandschiefer oder in Verbindung mit Thon und Kalk als bituminöser Mergelschiefer; vollkommen krystallinische Massen verschwinden ganz, und es zeigen sich blos halbkrystallinische, jedoch sparsam, als Mandelstein, Porphyr. Besondere Lagerstätten kommen seltner vor; die Gänge dieser Gebirge werden Rücken und Wechsel genannt."

§. 1479. „Zu bemerken ist besonders die bestimmte Trennung dieser Folge in zwey ausgezeichnete Formationen, nämlich die untere der Konglomerate, welche das Rohsandsteingebirge und das Todtliegende begreift, und die obere der Kalkmassen, wohin der bituminöse Mergelschiefer und ein reinerer Kalk, der Zechstein, gehört."

§. 1480. „In der dritten Folge sind die Kalkmassen gegen die Konglutinatmassen vorherrschend, die Thonmassen sind von geringerer Bedeutung und noch mehr

mit den Konglutinaten und Kalkmassen vermengt. Die Kohlenmassen sind nicht so bedeutend als in der zweyten Folge, aber doch bedeutender als in der ersten. Die Konglutinatmassen erscheinen beynahe ausschließlich als Sandstein, selten als gröberes Konglomerat. Die Hauptmassen von krystallinischer und halbkrystallinischer Textur verschwinden hier ganz. Auch hier bemerkt man eine schwache Sonderung in eine Sandstein-Formation (der sogen. bunte Sandstein) und eine Kalksteinformation mit untergeordnetem Sandstein, (Muschelkalk, Quadersandstein, Kreide), erstere unten, die zweyte oben liegend."

§. 1481. „Die dritte Abtheilung, das Obergebirge (tertiäre Gebirge) zeigt fast eine bloße Aggregation als vorherrschend in ihrer Bildung; chemische Kräfte sind zurückgedrängt und zeigen sich nur momentan. Diese Massen bestehen meistens aus mehr oder weniger lockerm Sand und Thon; Sand ist vorherrschend, jedoch kommen auch Kalkmassen vor und kohlige, letztere als Braunkohle, Torf ꝛc., aber dann noch die eigentliche Dammerde, aus kohligen, thonigen, zersetzten animalischen und vegetabilischen Theilen (humus) als das merkwürdigste Glied dieser Abtheilung. Sämmtliche Lager zeigen sich als zwey gesonderte Formationen, die des Untergrundes und des fruchttragenden Bodens. Die erste enthält die vorhin erwähnten verschiedenartigen Massen ohne bestimmte Ordnung, die zweyte bildet die Oberkrume der Erde."

„Vergl. *d'Aubuisson de Voisin* Traité de Geognosie. 2 Vol. Strasbourg 1819. Backewell's Einleit. in die Geologie, a. d. Engl. von H. Müller. Freyberg 1819. 8. v. Buch: Geognostische Bemerk. auf Reisen durch Deutschland und Italien. B. II. Berlin 1802—1809. 8. Hausmann's Reise durch Skandinavien. I—V B. Göttingen 1811—1819. 8. v. Raumer das Gebirge Niederschlesiens geognostisch dargestellt. Berlin 1819.

Abnorme Gebirgsmassen.

§. 1482. „Diese Gebirgsarten stehen in keinem allgemeinen Lagerungsverhältniß zu den übrigen weitverbreite

ten Gebirgsmassen; sie kommen ohne Unterschied über allen normalen Gebirgsmassen vor, ja sie finden sich sogar zum Theil in ihnen, da sie diese durchbrechen; seltener wechseln diese Gebirgsarten mit tertiären ab, als Dammerde rc. Sie finden sich auf den höchsten bekannten Höhen der Erde und wieder im Grunde des Meeres. Die Massen dieser abnormen Gebirgsarten finden sich meistens isolirt in einzelnen Kuppen, oft kann man aber eine Aneinanderreihung dieser Kuppen bemerken. Ein gewisser Theil zeigt die evidenteste Feuereinwirkung, andere zeigen diese zwar nicht, aber man kann der Analogie nach auch wohl darauf schließen. Einige stehen mit noch thätigen oder verloschenen Vulcanen in Verbindung, bey andern findet man dieses nicht. Die sehr verschiedenen hierher gehörigen Massen können füglich in zwey Abtheilungen gebracht werden:

1) Ein Theil derselben steht in einem bestimmten Verhältniß zu wirklichen sowohl noch brennenden, als zu verloschenen Vulcanen, und zeichnet sich durch seine Form und Lagerung so aus, daß wir ihn schon ohne Rücksicht auf die Bildung von den normalen Gebirgsmassen unterscheiden können (vulkanische Gebirgsmassen);

2) ein anderer Theil zeigt nicht nothwendig eine solche Verknüpfung (Trappgebirgsmassen)."

„Das Trappgebirge enthält krystallinische, halbkrystallisirte Gebirgsarten, Trappporphyre (Domit, Trachit, Klingstein, Basalt rc. aber eine bestimmte Ordnung findet in deren Lagerung nicht Statt, und wir können daher blos verschiedene Gebirgsarten, aber keine Formationen unterscheiden. Bey den vulc. Massen, Laven, Schlacken, Auswürflingen, kann man zwar verschiedene Lagerungen unterscheiden, aber diese Formationen sind nicht allgemein durchgreifend, sondern blos local. In dem pseudovulcanischen (durch Erdbrände entstandenen) erblicken wir nichts als veränderte normale Gebirgsmassen, die blos als locale Abänderungen bey den normalen Gebirgsmassen aufgeführt werden können. Produkte der Erdbrände sind: gebrannter Schieferthon, Porzellanjaspis, natürliche Coaks rc."

„Die Trappgebirgsmassen müssen eben sowohl auf eine abnorme Art gebildet worden seyn, als die vulcanischen, ob aber auf demselben Wege, bleibt noch sehr zweifelhaft. („Vielleicht sind jene Vermuthungen einiger neueren Mineralogen der Wahrheit näher, wie die Mehrheit der Gebirgsforscher wähnt, welchen zu Folge Trappgebirgsmassen und Meteorsteine ähnlichen Ursprunges sind? — Ueber

Meteorsteine vergl. E. F. Chladni über Feuer-Meteore und über die mit denselben herabgefallenen Massen, nebst 10 Steindrucktafeln und deren Erklärung von C. v. Schreibers. Wien 1820. 8. Kr.") Eine gewisse Familienähnlichkeit der letzteren mit manchen Trappgebirgsarten ist mineralogisch unverkennbar, sowohl zum Theil der Masse nach, als auch vorzüglich in Rücksicht auf die Textur."

Histoire et phénomènes de Vesuve, exposées par le *P. de la Torre*, Naple 1776. 8., deutsch von Lenzin, Altenb. 1783. 8. Des Ritters Hamilton Campi phlegraei, or observations on the volcanos of the two Siciles, Naples Vol. I. II. 1776. fol. *Aless. Casoni* lettera critica philosofica su della vesuviana erruzzione accaduta nell' anno 1767. Catania, 1768 4. Umständliche Beschreibung des letztern Ausbruchs des Vesuvs im J. 1779, von Duchanoy; aus dem *Journ. de Phys.*, von 1780 übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch B. II. S. 541 ff. Wunder der feuerspeyenden Berge, in Briefen an einen Freund, von Friedr. Knoll, Erfurt 1784 8. Breislack Geschichte des Ausbruchs vom Vesuv, Dresden 1794. 4. Abbate *Franzesco Ferrara* Istoria degl' incendj del Etna in Catania 1796. Sign. *Breislack* Topografia fisica della Campania, Firenze 1798.

„Höchst merkwürdig sind die Beobachtung von A. v. Humboldt über die ungeheuren Vulcane in der südamerikanischen Andeskette, die zwar Dampf und Feuer ausstoßen, aus welchen aber bey einem Ausbruche nicht Lava, sondern ungeheure Ströme eines dicken Schlammes ausfließen. S."

§. 1483. Man sieht leicht ein, daß sich bey dem Ausbruche eines solchen heftigen vulcanischen Feuers, theils durch die ausfließende und sich umher aufthürmende Lava und die ausgeworfenen Steine, theils durch die dadurch entstehende Zerstörung und Zerrüttung des Innern eines Berges, und die etwa nach dem Ausbrennen erfolgende Zusammenstürzung seiner Schlünde, beträchtliche, und, nach der Größe und Dauer einiger jetzt noch brennenden Vulcane zu urtheilen, sich weit erstreckende Veränderungen in der innern Construction des Berges zutragen müssen. So treffen wir auch wirklich in mehreren Gegenden solche ausgebrannte Vulcane und durch ihre Ausbrüche veränderte Gebirgsarten an. Diese vulcanischen Gebirge machen aber seltener zusammenhängende Gebirge aus; und es ist ihnen vielmehr beynahe charakteristisch, daß sie in freystehenden Bergen vorkommen, deren Gipfel gewöhnlich nach innen zu eingesunken sind und die Spuren ihrer Crater zeigen. Zu-

sammengefallene Vulcane enthalten oft in dieser Gränze ihres Einsturzes kleine Seen.

Sir Will. Hamiltons Beobachtungen über den Vesuv, Aetna, und über alle Vulkane überhaupt, a. d. Engl. Berlin 1773. 8. J. J. Ferbers Briefe aus Welschland, Prag 1773. 8. De Luc Briefe über die Gesch. der Erde, Th. I. Br. 82. Th. II. Br, 92 u. ff. Recherches sur les vulcans éteints du Vivaray et du Vélay, par *Faujas de St Fond*, à Paris 1773. fol.; im Auszuge nach *de la Lande* übers. in den Sammml. zur Physik und Naturgeschichte, B. II. S. 72 ff. Collinj Tagebuch einer Reise, aus dem Franz., von Schetter, Mannh 1777. 8. Desselben Betrachtungen über die vulcanischen Gebirge, aus dem Franz. Dresden 1785. 4. Dolomieu Reise nach den Liparischen Inseln, aus dem Franz vom Leg. R. Lichtenberg. Leipzig 1783. 8. D. C. W. Nose orographische Briefe über das Siebengebirge am Niederrhein, I. II Th. Frankfurt 1789. 1790. 4. Ebendesselben Beyträge zu den Vorstellungsarten über vulcanische Gegenstände, Frankfurt 1792. 8. Dessen Sammlung einiger Schriften über vulcanische Gegenstände, ebendas. 1795. 8. „Scip. *Breislack*: Introduzione alla Geologia. Cap. VIII.; vergl. v. Leonhard's Min. Taschenb. Jahrg. 1819. 2. Abtheil. S. 497 bis 571. Kr."

§. 1484. Wenn man gleich dem Innern der vulcanischen Gebirge nicht alle Eintheilung oder Absonderung in Lagen und Schichten absprechen kann, so ist doch die Ordnung der darin vorkommenden Steinarten weit unregelmäßiger, als jede der übrigen. Lava, Bimsstein und vulcanische Asche, die wir in ihnen finden, sind ohne Widerspruch Fossilien, welche den vulcanischen Ausbrüchen ihren Ursprung zu verdanken haben. Bey dem Basalt hingegen, der oft in ziemlich regelmäßigen, gegliederten, oft freystehenden Säulen vorkommt, wie der irländische Riesenweg und dergl. zeigt, sind die Meinungen noch getheilt, ob er wirklich vulcanischen Ursprungs sey oder nicht; s. d. vorletzte Anm. §. 1482.

„Bedeutungsvoll für die sogen. vulcanistische Ansicht scheint mir das Verhalten des Basalts zur Insolation durch Sonnenlicht zu seyn, indem es mit dem der vulcanischen Erzeugnisse übereinstimmt, und von jenen der wässerigen Niederschläge durchaus abweicht; vergl. m. Syst. der Chem. 1. Abth.; Syst. d. Chem. Wirks.: Licht u. s. w. Halle 1819. 4. Kr."

Bergmann de productis vulcaniis, in seinen *opusc. phys.-chem.* Vol. III. S. 200. Gedanken über die Bildung des Basalts und die vormalige Beschaffenheit der Gebirge in Deutschland, von *A. F. v. Veltheim*, Braunschweig 1789. 8. Ferbers, Faujas de

St. Fond., de Luc's, Dolomieu's vorher (§. 1485) angeführte Schriften. Voigt, in Höpfners Magaz. B. IV. S. 214.

Werners oben angef. Schrift; ferner im bergmännischen Journale 1788. S. 314, und 1789. S. 545. 485. Karsten, ebendas. 1788. S. 315. J. L. von Lehmann, der Basalt chemisch und physisch beurtheilt, Frankfurt 1789. 8. Widemann, in Höpfners Magaz. B. IV. S. 157.

„v. Leonhard's Taschenb. a. a. O. Kr."

§. 1485. Das Alter dieser vulcanischen Gebirge ist wohl sehr verschieden, und scheint theils der Bildungszeit des Grundgebirges anzugehören, theils zwischen dem der Mittel- und Obergebirge zu fallen. Man findet hin und wieder, daß die Vulcane theils beyde letztere, theils nur eins dieser Hauptgebirgsarten durchbrochen und überschüttet haben. Zu den ältesten Vulcanen müssen ohne Zweifel diejenigen gerechnet werden, die man schon mit Kalkschichten und calcinirten Conchylien bedeckt findet, deren Lagerung also erst in nachherigen Revolutionen der Erde geschehen ist.

„Die grossen amerikanischen Vulcane sind, nach von Humboldt's Beobachtungen, unzweydeutige Theile des uranfänglichen Gebirges. F."

§. 1486. Die Ursach des Feuers und der Ausbrüche der Vulcane ist wohl nicht tief im Innersten der Erde zu suchen, noch von einem sogenannten, aber nicht durch hinlängliche Gründe erwiesenen Centralfeuer mitten in der Erde abzuleiten. Auch von der Elektricität hat man sie ableiten wollen, die indeß eher Wirkung, als Ursach dabey zu seyn scheint. Die überaus große Menge entzündlicher Mineralien, Schwefelkieß, Schwefel, Steinkohlen, bituminöser Mergelschiefer, Alaunschiefer, und andere brennbare Mineralien, liefern ohne Zweifel den Stoff; und unterirdische Höhlen, Schlünde und Abgründe, die mit der äußern Luft Gemeinschaft haben, Gemeinschaft dieser Schlünde unter einander selbst. weite Verbreitung der Lager und Schichten entzündlicher Mineralien, selbst bis unter den Meresboden, das Eindringen des Wassers zu diesen Höhlen, die Verwandlung desselben in der Glühehitze in Lebensluft, worin Alles mit

reißender Heftigkeit verbrennt, die Erhitzung der Schwefelkieße mit Wasser, alles dieß läßt sich auf die Vulcane anwenden, und daraus ein wahrscheinlicher Schluß auf ihren Ausbruch, die Stärke, Dauer und Größe desselben hernehmen.

„Hiernach würde das Entstehen der Vulcane ein zufälliges, mit der Erdbildung nicht nothwendig im Zusammenhange stehendes Ereigniß seyn, wogegen die Menge und die eigenthümliche Bildung vulcanischer Gebirgsmassen zu sprechen scheint. Auch ich gehöre zu jenen, welche für Erdbeben und Vulcane nach allgemeinen, mit anderen großen Naturereignissen im nothwendigen Zusammenhange stehenden Entstehungsbedingungen fragen, um so mehr, da die letzteren nicht nur irdischen, sondern überhaupt kosmischen Werth haben, wie die Mondvulcane und die einiger, (vielleicht aller) Planeten bezeugen; und da zur Zeit kein anderes Agens bekannt ist, dem solche Wirkungen zugeschrieben werden könnten, wie die Vulcane und die Erdbeben sie darbieten, als die Elektricität, so halte auch ich dieselbe für das Einleitende aller hieher gehörigen Erscheinungen, so daß die Erdbeben den Gewittern zu vergleichen sind, nur mit dem Unterschiede, daß sich diese Erdgewitter nicht immer nach Oben durch Vulcane entladen. Vergl. m. Experimentalphys. Cap. XII. 2. Aufl. Kr."

§. 1487. Aehnliche Ursachen bringen auch die so fürchterlichen Erderschütterungen und Erdbeben hervor, die überhaupt mit den vulcanischen Ausbrüchen genau zusammenhängen, und in der Nachbarschaft von Vulcanen am häufigsten vorkommen. Die Erschütterungen selbst äußern sich auf einerley Art, und erstrecken sich in verschiedene Weiten, kommen seltener oder häufiger in einem gewissen Striche vor, je nachdem die wirkenden Ursachen selbst beschaffen sind.

Sam. Christ. Hollmann de terrae motibus, imprimis nupero ulyssiponensi; in seiner *Sylloge commentation.* S. 1 ff.

Sir Will. Hamilton Nachricht von dem letzten Erdbeben in Calabrien und Sicilien, aus dem Engl. von F. J. Wehrs, Hannover 1784. 4. Neue und ausführliche Nachricht von dem — in Messina und Calabrien sich ereigneten schrecklichen Erdbeben, Berlin 1783. 8. Abhandlung über das Erdbeben in Calabrien im Jahr 1783, aus dem Franz. von Deodat de Dolomieu, Leipzig 1789. 8. Physikal. Gedanken von Erdbeben und deren Fortpflanzung unter der Erde, von D. Joh. Gottl. Lehmann, Berlin 1787. 8. Gehlers phys. Wörterbuch. Th. II. S. 1 ff.

§. 1488. Die unterirdischen Höhlen, die man hin und wieder, besonders in Kalkgebirgen antrifft, und wo-

von mehrere wegen ihrer Größe oder ihrer Bildung sehr merkwürdig sind, hat man ebenfalls gewaltsamen vulcanischen Erhebungen und Spaltungen der Gebirgslager zugeschrieben. Es ist aber weit wahrscheinlicher, daß sie vielmehr durch das Einsinken und Nachgeben der untern Schichten während oder nach der Erhärtung der darüber liegenden Schichten entstanden sind.

Bergmanns physikal. Beschreibung der Erdkugel, Th. I. 2. Abth. Kap. 7.

§. 1489. Von der eigentlichen innern Beschaffenheit der Erde wissen wir aus gänzlichem Mangel an Beobachtungen gar nichts, und können also nicht bestimmen, ob die uranfänglichen Gebirge auch durch die Erde ganz hindurchsetzen, und ihr Innerstes ausmachen, oder nicht.

„Einige Physiker betrachten die Erde als einen hohlen, im Weltaether schwimmenden Sphäroiden; eine scherzhafte Deutung dieser Meynung findet man im D. Gewerbsfr. B. I. 1 H. Kr."

Meer.

§. 1490. Die größten und tiefsten Thäler der Erdrinde sind mit dem Wasser des Weltmeers bedeckt, dessen Boden dem trockenen Lande darin ähnlich ist, daß Thäler, Hügel, Felsen und Berge mit einander abwechseln, wie die daraus hervorragenden Klippen und Inseln, die verschiedenen Untiefen und die Meerbusen beweisen. Die Ungleichheit des Meerbodens richtet sich gewöhnlich nach der Ungleichheit der Küsten; doch machen die Inseln häufig Ausnahmen. Die Tiefe des Meeres ist verschieden. Nach der Linie zu ist sie größer. Die größte Tiefe desselben kennt man noch nicht.

§. 1491. Das Meerwasser hat einen salzigen bittern Geschmack; und die chemische Zergliederung desselben zeigt, daß es, außer mehr oder weniger schleimigten und erdigten Theilen, Kochsalz uud salzsaure Bittersalzerde und Kalkerde enthält. Diese ist auch der Grund von der Bitterkeit

desselben, die man sonst fälschlich vom Erdharze oder Bergfette herleitete. An manchen Küsten wendet man auch das Meerwasser wirklich zur Bereitung von Kochsalz an, und das gehörig gereinigte Meer- oder Boysalz unterscheidet sich von anderm reinen Kochsalze ganz und gar nicht. Das Meerwasser ist aber nicht allenthalben gleich stark gesalzen. Nach der Linie zu und in der Tiefe (?) pflegt es mehr Salz zu enthalten, als nach den Polen zu und obenauf. In der Nachbarschaft großer einfallender Flüsse ist es auch nicht so stark gesalzen, als in der Mitte. Auf die Salzigkeit des Meeres an der Oberfläche hat natürlicher Weise die Witterung Einfluß. Woher das Meer sein Salz erhalten habe, scheint mir eine eben so unerhebliche Frage zu seyn, als, woher das Steinsalz und die Salzquellen des festen Landes rühren. Durchs Gefrieren wird, wie aus allen Salzauflösungen, das Wasser vom Salze geschieden, und aufgethauetes Eis des Meerwassers ist daher trinkbar. Die Farbe des Meerwassers rührt theils von den darin schwimmenden oder aufgelöseten Theilen, theils von dem Boden des Meeres her. Verschiedene darin wachsende Seekräuter können auch manchmal eine Farbe hervorbringen.

Torb. Bergmann de aqua pelagica; in seinen *opusc. phys.-chemic.* T. I. S. 179 f.

§. 1492. Das Wasser des großen Weltmeers ist einer ziemlich regelmäßigen Bewegung unterworfen, so daß es in Zeit von etwa 24¾ Stunden gewöhnlich sich zweymal an den Ufern erhebt, und zweymal wieder sinkt und davon abfließt. Man nennt diese Bewegung des Meeres Ebbe und Fluth (aestus maris, affluxus et refluxus maris). Der Zufluß und das Steigen des Wassers heißt die Fluth (fluxus), der höchste Stand desselben die hohe Fluth, die hohe oder volle Seele, welche dann binnen sechs Stunden wieder abläuft und dadurch die Ebbe (refluxus) macht. Der niedrigste Stand hierbey heißt die tiefe See, auf welche dann wieder die Fluth eintritt. Diese Abwechselung geschieht regelmäßig so, daß die hohe Fluth am folgenden

Tage um 49 Minuten später kommt, als am zunächst vorhergehenden; oder die Zeit zwischen zwey nächsten hohen Fluthen beträgt 12 Stunden 24½ Minuten: daß also ohngefähr nach 30 Tagen die Ebbe und Fluth wieder um dieselbe Zeit eintritt.

§. 1493. Die Erfahrung lehrt ferner, daß die Ebbe und Fluth in einem Monat, zur Zeit des Voll- und Neumondes, oder etwa 1½ Tage nachher, stärker, und eben so auch zur Zeit des ersten und letzten Mondviertels, oder noch eigentlicher 1½ Tage nachher, zweymal schwächer wird, als sonst. Besonders wird in jenem Falle die Fluth am stärksten, und in diesem am schwächsten um die Zeit der Nachtgleiche. Zur Zeit der Sonnenwende aber ist die Fluth in der Zeit des Voll- und Neumondes schwächer, als gewöhnlich, und in der Zeit der Mondviertel stärker, als sonst in derselben. Es giebt also bey der Ebbe und Fluth dreyerley regelmäßige Phänomene, nehmlich tägliche, monatliche und jährliche.

§. 1494. Endlich hat man gefunden, daß die hohe Fluth an den östlichen Küsten sich eher ereignet, als an den westlichen; daß sie zwischen den Wendekreisen an den Orten, die in einerley Meridian liegen, zu gleichen Zeiten, außerhalb derselben in größerer Breite später als in geringerer Breite eintritt, und über 65° Breite beynahe gar nicht mehr wahrzunehmen ist. Zwischen den Wendekreisen fließt das Wasser da, wo es nicht gehindert wird, der Regel nach bey der Ebbe nach Westen ab.

§. 1495. Alle diese Umstände bey der Ebbe und Fluth zeigen offenbar an, daß der Mond den Haupteinfluß darauf haben muß, und daß die Wirkungen der allgemeinen Schwere der Weltkörper gegen einander, und also auch der Erde gegen den Mond seyn müssen. Vergeblich hat man sich vor Newton bemühet, sie aus anderen Ursachen herzuleiten. — Durch die gemeinschaftliche Schwere der Erde und des Mondes gegen einander haben sie ein Bestreben, sich zu nähern;

und zwar muß sich dieß sowohl bey dem festen Erdkörper, als bey dem Wasser darauf äußern. In Ansehung des festen Theiles der Erde ist es eben so gut, als ob nur der Mittelpunkt der Erde allein dieses Bestreben hätte. Ferner muß die Aeußerung dieses Bestrebens oder die Gravitation desto größer werden, je weniger schief die Richtung der Gravitation ist, und je näher die Stellen der Erd- oder Wasserflächen dem Monde zu liegen. Denn, wenn alle Theile der Erde gleichförmig und in paralleler Richtung vom Monde gezogen würden, und übrigens die Sonne keine Wirkung der Gravitation darauf äußerte, so würde keine Veränderung der Lage der Wässerfläche auf der Erde durch den Mond erfolgen können. Wenn (Fig. 177.) die Erde ABDE ganz mit Wasser umgeben wäre, so würde dieß Wasser ohne den Mond, und ohne die Umdrehung der Erde um ihre Achse, vermöge der Schwere desselben gegen die Erde eine vollkommene Kugelfläche auf der Erde bilden. Durch den Mond aber, dem die eine Halbkugel der Erde allemal zugekehrt, und gegen den die ganze Erde, und also auch das Wasser darauf, wechselseitig schwer ist, wird die Sache geändert. Die Wasserfläche A, die den Mond L gerade über sich im Scheitel hat, und ihm also näher ist, als der Mittelpunkt C des festen Kerns der Erde, wird durch denselben in ihrer Gravitation gegen diesen Mittelpunkt zu vermindert. Die ungleich größere Schwere des Wassers gegen die Erde, als gegen den Mond, hindert zwar die Entfernung des Wassers von der Erde ganz und gar; allein der Druck desselben nach dem Mittelpunkte der Erde zu wird doch dadurch vermindert. Die andere Halbkugel der Erde ist vom Monde weiter entfernt, und der Punkt D am weitesten, worin die gerade Linie zwischen dem Mittelpunkte der Erde die vom Monde abgewendete halbe Erdfläche trifft. Das Wasser wird hier wegen der größern Entfernung vom Monde schwächer angezogen, als die ganze Erde in ihrem Mittelpunkte C. Dadurch also, daß der Kern der Erde stärker gegen den Mond gravitirt, als hier das Wasser, muß dieß auch nothwendig in seiner

Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde vermindert werden. Ist also nun das Wasser an beyden sich entgegengesetzten Stellen der Erdkugel weniger schwer gegen die Erde, als das dazwischen liegende und 90 Grad davon entfernte in B und E: so ist das Gleichgewicht des Drucks desselben gegen die Erde zu gehoben, und es muß auf der dem Monde zugekehrten Stelle A und der entgegengesetzten D das Wasser so lange steigen und aufschwellen, und dazwischen in B und E so lange sinken, bis das Gleichgewicht hervorgebracht ist. Geschiehet jenes Aufsteigen des Wassers mitten auf dem Weltmeere, so muß dieß zur Folge haben, daß das Wasser an den Ufern abfließt, und also Ebbe eintritt; es muß aber nach sechs Stunden wieder an den Ufern aufschwellen, und also Fluth kommen, wenn das Wasser mitten im Weltmeere sich wieder senkt, nachdem es den Mond nicht mehr über sich hat.

§. 1496. Die Zeit zwischen zwey nächsten hohen Fluthen ist gerade die Hälfte der mittlern Zeit, worin der Mond seinen täglichen scheinbaren Umlauf am Himmel vollendet; und es erhellet aus dem eben Angeführten, warum das Seewasser sich nicht nur gegen die Seite A erhebt, auf welcher der Mond stehet, sondern auch auf die entgegengesetzte Seite D, so wie auch die hohe Fluth wirklich nicht nur nach der Culmination des Mondes selbst, sondern auch zwölf Stunden darnach nach dem Durchgange desselben durch die untere Hälfte des Mittagskreises eintritt. Gelangt nun der Mond nach M, so muß aus den angeführten Gründen in B und E Fluth, und in A und D Ebbe erfolgen. Die hohe Fluth ereignet sich nicht gerade zu der Zeit, wenn der Mond durch den Meridian eines Ortes ober- oder unterhalb des Horizontes geht, sondern einige Stunden nachher; und dieß folgt ganz natürlich aus der Umdrehung der Erde um ihre Achse, aus der zur Mittheilung der Bewegung unter die widerstehende Wassermasse erforderlichen Zeit, und aus dem dauernden Zufließen des Wassers nach dem Orte, wo sechs Stunden

vorher Fluth war. Diese Zeit, in welcher sich die später ereignet, als der Durchgang des Mondes dur Meridian, hängt übrigens von der Lage der Küsten der Richtung und Gestalt der Meerbusen ab.

§. 1497. Zwey von den täglichen Fluthen sin immer gleich groß: im Winter sind in den Syzygi Frühfluthen stärker, als die gegen Abend; im So sind sie des Abends stärker, als des Morgens. Wä Mond beständig im Aequator, so würden alle täglich then gleich groß seyn. Jene Erscheinung erfolgt au nördlichen oder südlichen Abweichung des Mondes in Bahn. Da sich der Mond nie über 28° vom Ae entfernt, so erklärt sich daraus, warum in der Nä Pole, über 65° nördlicher und südlicher Breite h Ebbe und Fluth kaum mehr merklich ist.

§. 1498. Wegen der Schwere der Erde geg Sonne muß diese ebenfalls in 24 Stunden zwey F verursachen, die aber wegen der ungleich größern E nung weit geringer seyn müssen, doch aber die Mon then vermehren oder zur andern Zeit vermindern k Das Erstere geschieht in den Neu- und Vollmonden die Sonn- und Mondesfluthen zugleich eintreten; da tere in den Mondesvierteln, weil hier beyde Welt einander entgegenwirken. So wachsen also die F von den Quadraturen bis zu den Syzygien, und n von den Syzygien bis zu den Quadraturen ab. Zu der Tag- und Nachtgleiche im Frühlinge und im H müssen die Fluthen im Neu- und Vollmonde am stä seyn, weil dann Sonne und Mond im Aequator, ode nahe dabey sind.

§. 1499. Die Höhe des Wassers bey der Fluth ist verschieden. Die Lage der Oerter, die Ri der Meerengen und die Gestalt der Küsten machen hi schiedene Abänderungen der Stärke, der Zeit des Ein und der Dauer der Fluth. — In kleinen Meeren

Seen ist die Wirkung der Ebbe und Fluth kaum merklich, wie z. B. in der Ostsee, im kaspischen und im mittelländischen Meere; und der Grund liegt darin, daß alle Stellen derselben vom Monde eine beynahe gleiche Wirkung verspüren. Winde und Meresstürme können übrigens noch andere Abänderungen in der Stärke der Fluth zuwege bringen.

Newton principia philos. natur. l. III. pr. 24. 36. 37. *Stapert* diss. de aestu maris, L. B. 1765. 4 Pièces qui ont remporté le prix de l'académie roy. des sc. en 1740 sur le flux et reflux de la mer (von *Euler*, *Maclaurin* und *Bernoulli*); in dem *Recueil des pièces de prix*, T. IV. *Van Swinden* position. phys. T. I. S. 164 f.

„Vergl. auch Laplace's Darst. d. Weltsystems und Euler's Abh. frey bearbeitet von Gilbert; dessen Annal. 1808. 9. St. Kr."

§. 1500. Sonst hat das Weltmeer, außer der Ebbe und Fluth, hie und da besondere Ströme, an manchen Orten sehr starke und schnelle. Die beständigen Winde, die Umdrehung der Erde um ihre Achse, die Abänderung des Stroms von Ebbe und Fluth durch die Lage der Küsten, Meerbusen und Meerengen, möchten wohl die Hauptursachen davon seyn. In der Straße von Gibraltar sind vermuthlich zwey entgegengesetzte Ströme über einander, wo durch den untern das Wasser aus der Meerenge, und durch den obern in dieselbe aus dem atlantischen Meere fließt. Die Wirbel oder Strudel haben wohl gleichfalls ihren Grund in besondern Abänderungen des allgemeinen Stromes bey Ebbe und Fluth, oder anderen Strömungen durch Küsten und Meerengen; vielleicht auch in tiefen Schlünden.

„Eine der Ebbe und Fluth ähnelnde allgemeine ostwestliche Strömung des Meeres zwischen den Wendekreisen, welche die Dienung genannt wird, erfolgt ebenfalls gemäß dem Umschwung der Erde und der Anziehung des Mondes und der Sonne. Nördlich vom Aequator ist die Dienung etwas südlich, und südwärts von demselben etwas nördlich, binnen 24 Stunden 2 bis 5 Meilen zurücklegend, und am heftigsten in jenen Meerengen wirkend, durch welche grosse Weltmeere, in der Richtung von Morgen gegen Abend verbunden sind. — Zu den einzelnen Meeresbewegungen gehören vorzüglich die Meereswellen; vergl. auch v. Gerstner in Gilbert's Ann. 1809. 9. St. und Brandis ebendas. 1810. 5 St. Kr."

Se-

Gewässer des festen Landes.

§. 1501. Außer dem großen Weltmeere giebt es noch große und kleinere Seen; die letztern unterscheiden sich von den erstern dadurch, daß sie keinen sichtbaren Abfluß haben. Der kaspische See nimmt sehr ansehnliche Flüsse auf, ohne einen sichtbaren Abfluß. Es ist gar nicht glaublich, daß er alles aufgenommene Wasser bloß durch Ausdünstung wieder verlieren sollte; und man kann wohl eher auf eine unterirdische Gemeinschaft mit dem schwarzen Meere, oder, wie andere glauben, mit dem persischen Meerbusen schließen.

§. 1502. Außer diesen großen Wasserbehältnissen sind auf der Erde noch unzählige fließende Wasser, Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme, welche zuletzt, wenige ausgenommen, sich ins Meer ergießen. Da sich das Wasser jederzeit nach dem niedrigern Orte senkt, so müssen auch die Oerter, wo die Flüsse entspringen, jederzeit höher liegen, als das Meer. Durch die mancherley Krümmungen und Unebenheiten des festen Landes erhalten die Flüsse eben ihr Gefälle. Denn auf einer völlig kugelrunden Oberfläche der Erde hätte kein Gefälle für Flüsse Statt finden können, wären also diese selbst nicht möglich gewesen. Alle Quellen entspringen an und neben Bergen, wenigstens doch an sanft aufsteigenden.

§. 1503. Daß die Quellen der Flüsse durch unterirdische Kanäle aus dem Meere, oder durch Aufsteigen eines unterirdischen Meeerwassers nach Art der Haarröhren ihr Daseyn erhielten, wird Niemandem einfallen, der etwas von der Gestalt des festen Landes und der Lage desselben gegen das Meer weiß. Das aus der Atmosphäre niederfallende Wasser hat gewiß den größten Antheil an dem Ursprunge der Quellen und ihrer Zunahme beym Fortgange in ihrem Laufe; und wenn auch gleich auf der andern Seite von diesem auf das feste Land niederfallenden Wasser ein großer Theil wieder verdunstet, oder in die Pflanzen als

andtheil eingeht, so ist auch wieder zu erwägen, daß die Gipfel hoher Gebirge das aus der obern kalten sich niederschlagende Wasser stets aufnehmen, welches chen den verschiedenen Schichten und Bergen durch- gt, und so nach dem Fuße des Gebirges zugesendet wird, sich hinseigert, oder auch gleich auf den Vertiefungen Gipfel selbst, wenn hier sein Einseigern verhindert ist, en ewigen Quellen Gelegenheit giebt; und ferner, daß Gipfel hoher Gebirge stets mit Schnee bedeckt sind, der Sommerszeit ein Versorgungsmittel der Flüsse wird, auch zur Winterszeit keinesweges versiegt. Die Berech- g, daß manches Land nicht so viel Regen und Schnee seiner Oberfläche empfange, als die Flüsse desselben Was- ins Meer ergießen, ist bey weitem noch nicht auf sichern atsachen gegründet: und dann ist dabey das in so großer nge aus der Luft sich niederschlagende und an die Gebir- sich anlegende Wasser gar nicht in Betracht genommen den, auch wohl überhaupt keiner Berechnung zu unter- fen. Daß unterirdisches Wasser, es sey aus dem Mee- oder sonst woher, als Dampf oder Dunst durch die innere ärme der Erde aufsteige, und so bey dem Abkühlen den sprung der Quelle gebe, ist nicht zu beweisen.

„Ueber das mit dem Erdwasser neben den Fluß- (ꝛc.) Betten com- municirende Grundwasser; vergl. Fischer's Beob. der Naturlehre. B. XXII. S. 4. Kr."

§. 1504. Die gegrabenen Brunnen enthalten ihren asservorrath entweder von benachbarten Gebirgen, zwi- n deren Schichten und Lagern das Wasser nach dem unnen zu hindringt, oder auf eine ähnliche Art von be- hbarten Flüssen, Seen oder Sümpfen, oder, wie die ;resten, von Tagewasser oder atmosphärischem Wasser, als Regen oder Schneewasser in die Erde dringt, und en weiteres Eindringen vorzüglich durch Thonschichten gehalten wird, und in den Klüften der Schichten nach niedrigern Stellen sich senkt. Eben dieß ist es, was den Bergbau oft so kostbar und mühsam macht.

§. 1505. Nach der Verschiedenheit der Erdschichten und Lager, durch und zwischen welchen das in Brunnen und Quellen sich sammelnde Wasser fließt, ist es nun selbst auch von verschiedenem Gehalte und verschiedener Reinigkeit. Die reinsten Quellwasser sind gewöhnlich die, welche auf ansehnlichen Höhen entspringen, und nur wenig Schichten, die im Wasser auflösbare Theile enthalten, durchdrungen haben. Das gewöhnliche und gemeine Quell- und Brunnenwasser hat fast immer Gyps, rohen Kalk, durch Hülfe des luftsauren Gas, und einige salzigte Theile aufgelöset. Wenn es solche Stoffe enthält, die ihm einen merklichen Geschmack ertheilen, so nennt man dergleichen Quell- und Brunnenwasser mineralische Wasser (aquae minerales), und insbesondere, wennn sie zum Arzneygebrauche dienen können, Gesundbrunnen (fontes medicati). Nach dem verschiedenen und vorzüglichern Gehalte führen diese mineralischen Wasser besondere Namen. Sauerbrunnen (acidulae) heißen sie, wenn sie viel kohlensaures Gas, Stahlbrunnen, wenn sie Eisen durch kohlensaures Gas, vitriolische Wasser, wenn sie Eisen durch Schwefelsäure, Bitterwasser, wenn sie Bittersalz, Schwefelwasser, oder eigentlich hepatische Wasser, wenn sie Schwefel-Hydrogengas aufgelöset enthalten. Von den letztern glaubte man sonst aus einer unrichtig beurtheilten Erscheinung, daß sie Schwefel selbst aufgelöset enthielten. Manche Quellen enthalten so viel Kalk durch Hülfe des kohlensauren Gas oder Gyps aufgelöset, daß sie hineingelegte Sachen stark incrustiren, und sonst beym Herabtröpfeln in Höhlen zu den Stalaktiten Gelegenheit geben. Doch kann die Kalkerde, die zu den Stalaktiten Gelegenheit giebt, auch dem Wasser bloß fein und innig beygemengt seyn.

Tabellen über den Geh[a]lt der in neuern Zeiten untersuchten Mineralwasser, von Joh. Christ. Remler. Erfurt 1790.

„M. L. Köstreuter systemat. Grundriß und Klassification der Mineralquellen Leipzig. fol. 1819. Kr."

§. 1506. Es giebt auch heiße Quellen oder Bäder (thermae), und die hepatischen Wasser sind gewöhnlich solche heiße Quellen (Schwefelbäder). Sie übertreffen immer die Atmosphäre an Wärme, und bey den meisten verhält sich die Temperatur ziemlich gleichförmig. Unterirdisches Feuer und brennende Berge sind wohl zuverlässig bey den wenigsten die Ursach ihrer Wärme; sondern diese ist wohl mehr in der Verwitterung der Kieße, und der Einwirkung mehrerer Mineralien unter einander zu suchen, über welche das Wasser wegrieselt. Rohe, den Kießen beygemengte, oder neben ihnen befindliche Kalkerde, kann denn freylich machen, daß in einem solchen Wasser von zerstörtem Eisenkieß kein Vitriol angetroffen wird, sondern eher Gyps. — Bey den sogenannten feuerfangenden Brunnen und Bächen hat gewiß in den mehresten Fällen brennbare Sumpfluft oder aufschwimmendes Bergöl die davon erzählten Erscheinungen veranlaßt.

§. 1507. Die Salzsoolen, die man hin und wieder antrifft, müssen billig zu den mineralischen Wassern gerechnet werden. Sie haben so wenig ihren Ursprung aus dem Meere, als andere Quellen des festen Landes, und übertreffen gewöhnlich das Meerwasser an Salzigkeit bey weitem. Sie entstehen vielmehr, wenn das Quellwasser durch und zwischen Lager- und Schichten von Salzsteinen und Steinsalz dringt, und so mehr oder weniger Salz aufzulösen Gelegenheit hat. Außer dem Kochsalze enthalten sie alle noch Gyps und salzsaure Bitter- oder Kalkerde.

Atmosphäre.

§. 1508. Unsern Erdball umgiebt die Atmosphäre (atmosphaera terrestris), als eine ausdehnsame Flüssigkeit. Von ihrem Hauptbestandtheile, der atmosphärischen Luft, habe ich schon im vorhergehenden gehandelt; hier betrachten wir sie in Verbindung mit allen darin befindlichen fremdartigen Dingen. Die Atmosphäre ist gewissermaßen das

große Magazin, worin alles, was flüchtig und expansibel ist, aufsteigt; und man sieht leicht ein, daß sie, bey der ungeheuren Menge von wässerigen und andern Dünsten, von Gasarten, organischen Stoffen u. dergl., die täglich von der Erde und ihren Bewohnern aufsteigt, bey der verschiedenen Wahlanziehung der Stoffe gegen einander, der Bindung und Entbindung der Wärme, und des elektrischen Fluidums, das große chemische Laboratorium ist, worin die Natur ihre verschiedenen gewöhnlichen und ungewöhnlichen Meteore ausarbeitet.

§. 1509. Daß die Atmosphäre an Dichtigkeit abnimmt, je höher man in ihr hinaufsteigt, das habe ich schon oben bey der atmosphärischen Luft bewiesen. Wie dünne sie aber in den höchsten Gegenden seyn müsse, und wie groß überhaupt die Höhe der Atmosphäre sey, können wir nicht sicher bestimmen. Das Letztere würde leicht aus der ihr das Gleichgewicht haltenden Quecksilbersäule bestimmt werden können, wenn sie durchgehends einerley Dichtigkeit hätte.

§. 1510. Ungeachtet der großen Durchsichtigkeit der Atmosphäre wirft sie doch einen beträchtlichen Theil des Lichtes zurück. Vorzüglich gilt dieß vom blauen Lichte, und die blaue Farbe desselben ist eben daher zu leiten. Nebel und niedergeschlagene Dünste mindern die blaue Farbe des Himmels; und diese ist desto dunkeler, je reiner die Luft von jenen ist. V. Saussüre hat deßwegen durch Bestimmung der mehr oder weniger dunkeln Nüancen des Blau die mehrere oder mindere Reinigkeit der Atmosphäre von nebligen Dünsten, vermittelst des Kyanometers, anzugeben, und dasselbe auf eine sehr sinnreiche Art vergleichbar zu machen gesucht.

Beschreibung eines Kyanometers, oder eines Apparats zur Messung der Intensität der blauen Farbe des Himmels, von v. Saussüre; im Journal der Physik, B. VI. S. 95 ff.

§. 1511. Bey den mancherley abwechselnden Erhebungen des festen Landes über die Meeresfläche kann das

Barometer an verschiedenen Orten nicht gleich hoch, sondern muß an höhern Orten niedriger, an niedrigern höher stehen. Da aber mancherley Ursachen den Stand des Barometers an einem und eben demselben Orte ändern, so muß man die mittlere Barometerhöhe zweyer Orte wissen, um wenigstens mit Wahrscheinlichkeit die Differenzen ihrer Höhen durchs Barometer zu messen.

§. 1512. Mit der Zu- und Abnahme der Ausdehnsamkeit der Atmosphäre muß auch das Barometer höher und niedriger gehen; und da dieß an einerley Ort geschiehet, so müssen auch die Ursachen in der Atmosphäre wirksam seyn, die ihre Ausdehnsamkeit ändern. Mit den Veränderungen der Ausdehnsamkeit der Atmosphäre ist gewöhnlich eine Aenderung der Witterung verknüpft; man kann aber doch nie ganz sicher aus dem Fallen und Steigen des Barometers auf die erfolgende Wetterveränderung schließen.

§. 1513. Die Größe der Barometerveränderung ist nach der Lage eines Ortes sehr verschieden, zwischen den Wendekreisen kaum merklich, außerhalb derselben beträchtlich. Vermöge angestellter Beobachtungen sind die Barometerveränderungen für eine große Strecke Landes gleichzeitig, und auf dem platten Lande gleichgroß. Allein bey sehr beträchtlichen Unterschieden der Höhen sind sie den mittlern Höhen der Quecksilbersäule an diesen Orten nicht mehr proportionell, was eben den Höhenmessungen der Berge durchs Barometer ein kaum zu hebendes Hinderniß entgegensetzt.

Saussure's Reisen durch die Alpen, Th. IV. §. 4125.

„Ueber die tägliche atmosphärische Ebbe und Fluth; v. Humboldt, in Gilbert's Ann. B. VI. S. 188. Tableau des vents, des marées et des courans, qui ont été observés sur toutes les mers du globe; avec des reflexions sur ces phaenomenes, par *Ch. Romme*. Paris 1806 — 1807. Vol. I — II. (Die vollständigste Samml. aller Beob. über die verschiedenen herrschenden Winde, Fluthen rc. der Erde.) — Ueber mittlere Barometerstände verschiedener Gegenden vergl. die von der Manheimer Societät herausgegeb. meteorologischen Ephemeriden, v. Humboldt a. a. O. und Graphische Beob. des tägl. Ganges des Barometers in London, Paris und Genf von Pictet; Gilbert's Ann. B. XLI. S. 74.

§. 1514. Die Ursachen der Barometerveränderungen sind bey weitem noch nicht so erforscht und ins Licht gesetzt, als man wohl denken sollte. Seit der Erfindung dieses Instruments hat man mehrere Hypothesen darüber gemacht, die de Luc vollständig gesammelt und geprüft hat. Er selbst gründete erst seine Erklärung auf den Satz, daß Dünste specifisch leichter sind, als Luft, und leitete daraus auf eine einfache Weise die Barometerveränderungen ab. Allein er hat jetzt diese Erklärung wieder aufgegeben: denn es bleibt dabey noch immer unerklärbar, warum nicht jedes starke Fallen des Barometers mit Sturm oder Regen verknüpft ist, und warum unter dem Aequator die Barometerveränderungen überhaupt so unbeträchtlich sind, ungeachtet hier auch die Dünste abwechselnd aufsteigen und niedergeschlagen werden. Der Unterschied des specifischen Gewichts der Dünste und der atmosphärischen Luft ist auch nicht so groß, daß dadurch ein beträchtliches Fallen des Quecksilbers hervorgebracht werden könnte. Abwechselung der Wärme und Kälte in verschiedenen Luftschichten, Abänderung der Ausdehnsamkeit der Atmosphäre, besonders durch Dünste, und ihre Vernichtung, vielleicht Bildung der Luft aus Dünsten selbst, und ihre Vernichtung durch unbekannte Processe, und dann endlich die Winde, nebst verschiedenen, noch nicht erforschten, chemischen Affectionen der Luft in höhern Regionen, tragen ohne Zweifel zu dieser Barometerveränderung bey; aber eine bestimmte Ursach derselben läßt sich jetzt noch nicht angeben. Die Barometerveränderungen müßten regelmäßiger erfolgen, wenn nach der Behauptung einiger Naturforscher der Mond ihre erste und vornehmste Ursach wäre, dessen Einfluß, so wie den der Sonne, man aber doch nicht ganz leugnen kann.

De Luc Untersuchung über die Atmosphäre, Abschn. I. Kap. 5. Ebendesselben neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. §. 590. Saussure's Hygrometrie, §. 294. Della vera influenza degli astri, delle stagioni e mutazioni del tempo, saggio meteorologico di *Gius. Toaldo*, in Padova 1770. gr. 4. Hemmer vom Einfluß der Sonne aufs Barometer; im Journal der Physik, B. II. S. 218 ff.

„ Vergl. die Anm. zu §. 1515.

„Es ist unleugbar, daß die Naturlehre nicht im Stande ist, über alle Veränderungen im Luftkreise eine völlig befriedigende Erklärung zu geben; aber der Verfasser macht die Dunkelheit grösser, als sie wirklich ist. Die unmittelbare Ursach von den Barometerveränderungen liegt nicht sowohl in der Ausdehnsamkeit der Luft, als in der Quantität der Luftmasse, die sich in einer senkrechten Säule über uns befindet. Bey dem ewigen Wechsel von Strömungen im Luftkreise begreift man leicht, daß diese Quantität nicht sehr constant seyn könne. In der heissen Zone sind diese Strömungen sehr beständig, daher ist es auch der Barometerstand. Je weiter man gegen die Pole rückt, desto veränderlicher werden die Strömungen, daher auch der Barometerstand. Die Ursachen der Strömungen sind aber mannigfaltig. Die wichtigsten sind: die Wärme der Sonne; die anziehende Kraft des Mondes; locale Vermehrungen und Verminderungen der Luftmasse durch chemische Processe. Die letztern sind größtentheils so zufällig, daß wir uns nicht wundern dürfen, so wenig Regelmäßigkeit in den Barometerveränderungen wahrzunehmen F."

§. 1515. Wenn in beträchtlichen Schichten und Strichen der Atmosphäre ihre Ausdehnsamkeit durch Erwärmung, oder durch Bildung von Dünsten vermehrt, oder auf der andern Seite diese Ausdehnsamkeit durch Kälte, Vernichtung des expansibeln Zustandes der Dünste, und vielleicht der Luft selbst, vermindert wird, so kann kein Gleichgewicht zwischen diesen und den benachbarten Schichten und Strichen Statt finden. Die ausdehnsamer gewordene Luft muß sich dahin bewegen, wo minder ausdehnsame ist; und es muß dieß nothwendig eine Ortsveränderung der Lufttheilchen zur Folge haben, die wir Wind nennen.

„Vergl. d. Anm. zu §. 1513. Kr."

§. 1516. In Ansehung der Richtung, welche die Winde haben, nennt man sie nach der Weltgegend, aus der sie blasen; und die Schiffer theilen sie daher in 32 Arten ein, von denen der Nord-, Süd-, Ost-, und Westwind die Hauptwinde (venti principales), die dazwischen gerichteten aber Nebenwinde (venti secundarii) heißen.

§. 1517. In den heißen Gegenden herrscht auf dem Meere zwischen den Wendekreisen ein beständiger Ostwind; und zwar ist derselbe in dem nördlichen Theile der heißen Zone nordöstlich, in der südlichen südöstlich. Nur zwischen 10° nördlicher und südlicher Breite ist er beynahe ganz

östlich. Doch ändert sich die Richtung des beständigen Windes periodisch ein wenig ab, nach dem Stande der Sonne. Auf dem festen Lande dieses Erdstriches ist er nicht so regelmäßig, sondern wird hier, wie überhaupt, durch die Lage der Gebirge, Thäler und Klippen, und selbst der Küsten, mehr oder weniger abgeändert. Die regnigte und die trockene Jahreszeit bringen auch einige Abweichungen zuwege. Die Entstehung dieser Winde hat man in der successiven Erwärmung der Luft durch die fast senkrechten Sonnenstrahlen von Osten her und in den Dünsten des Meeres gesucht, wodurch sich denn die erwärmte Luft nach den noch nicht so erwärmten und nicht so elastischen Theilen nach Westen hin ergieße. Hube macht aber gegen die Erklärung dieser Winde aus der Erwärmung der Luft durch die Sonne sehr gegründete Einwürfe. Er selbst setzt die wahre Ursach in die Umdrehung der Erde um ihre Achse, welche auch de Luc mit zu den Ursachen dieses allgemeinen Ostwindes zählt.

Hube über die Ausdünstung, Kap. 57. 58. De Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. S. 840 ff.

„Es ist sonderbar, daß man über manche Naturerscheinungen so urtheilt, als müßten sie nothwendig nur von einer einzigen Ursache herrühren. Zur Entstehung der beständigen Winde wirken offenbar mehrere Kräfte vereint: namentlich die Sonnenwärme, der Zug des Mondes, und die Umdrehung der Erde; aber die erste Ursach ist erweislich die wirksamste. F."

„Vergl. die Anm. zu §. 1500. Kr."

§. 1518. In dem indischen Meere wehen die Mussons oder Passatwinde gewisse Monate nach Einer Richtung, die andern Monate darauf nach einer entgegengesetzten. Ihre Ursachen setzt Hube sinnreich und wahrscheinlich darin, daß die weit ausgedehnten, zum Theil hohen und bergigten Länder, welche nördlich von den Meerbusen liegen, wo diese Winde wehen, im Winter weit stärker erkältet werden, als die angränzenden Meere, und daß die Luft daher von ihnen mehrentheils mit einer ansehnlichen Schnelligkeit gegen die Linie zufließen muß. Im Sommer hingegen werden jene Länder stärker erwärmt, und die Hitze

verbreitet sich nach und nach durch die Luft der angränzenden Meere nach Süden zu: dadurch wird der nördliche Wind immer schwächer, er hört gänzlich auf, und zuletzt fängt die Luft an, von der Linie gegen Norden zu fließen. Die Umdrehung der Erde um die Achse macht diesen Wind südwestlich.

Hube a. a. O. Kap. 61.

§. 1519. In den heißen Zonen sind an den Küsten die **Land- und Seewinde**, eine andere Art von periodischen **Winden**, wovon jene bey Nacht nach der See zu, diese bey Tage von der See landwärts wehen. Die schnellere Abkühlung der Luft und dadurch bewirkte Zersetzung der Dünste auf dem festen Lande bey Nacht, und die schnellere Verdünnung der Luft bey Tage auf demselben, ist hieran wohl Schuld.

§. 1520. In den gemäßigten und kalten Zonen herrschen **unbeständige Winde**, die unregelmäßig bald nach dieser Richtung, bald nach einer andern wehen. Die Ursach der Winde, überhaupt genommen, ist außer der angezeigten Erwärmung und Störung des Gleichgewichtes der Luft durch die Sonnenstrahlen noch in der Umdrehung der Erde um ihre Achse, in Dünsten, die bey ihren Aufsteigen die Luft verdrängen und das Gleichgewicht heben, und in der Veränderung der Ausdehnsamkeit der Luft durch Gasarten, Bildung und Vernichtung von Dünsten und von Luft selbst, zu suchen. Außerhalb der Wendekreise prädominiren die letztern Ursachen wohl mehr, als die erstern; aber es läßt sich darüber nichts gewisses und bestimmtes festsetzen, da uns diese Ursachen zum Theil selbst noch unbekannt sind. Oft können es Localursachen seyn, die das Gleichgewicht der Luft heben. Die Lage und Beschaffenheit der Gebirge eines Landes ändert die Richtung eines Windes sehr ab.

Von den Ursachen der herrschenden Windstillen zwischen der Gränze der regelmäßigen Winde s. m. Prevost Abh. über die Gränze der regelmäßigen Winde; im Journ. der Phys. B. VIII. S. 88 ff.

§. 1521. Die Gegenden, aus welchen der Wind bläset, bestimmen mehrentheils seine Trockniß oder Feuchtigkeit, Wärme oder Kälte, aber nicht immer im Allgemeinen. Die West- und Nordwestwinde sind bey uns gewöhnlich sehr feucht, die Nord- und Ostwinde hingegen trocken und kalt.

Eigene Arten des Windes der heißen Erdstriche sind der Harmattan auf der westlichen Küste von Afrika; der Sirocco in Afrika, bis nach Sicilien und Italien; der Samiel in Mesopotamien bis nach Aegypten; der Chemsin in Aegypten. Sie scheinen ohne Zweifel die besondere Eigenschaft, die sie besitzen, von den Gegenden zu erhalten, aus denen und über welche sie streichen.

Sauveboeuf's Reisen im Magaz. neuer Reisebeschr. B. IV. S. 476. *Volney* voyages, T. I. S. 56. Hube a. a. O. S. 556 f.

§. 1522. Die Geschwindigkeit oder Stärke der Winde ist außerordentlich verschieden. Die beständigen Winde (§§. 1517—1519) wehen sehr gleichförmig und gelinde, und ihre Geschwindigkeit beträgt mehrentheils 10 bis 16 Fuß in einer Secunde. Ein solcher Wind heißt ein sanfter und mäßiger Wind. Die unbeständigen Winde außer den Wendekreisen sind meistens geschwinder, und führen dann auch verschiedene Namen: ein steifer Wind, der 24 Fuß, ein harter Wind, der bis 35 Fuß in einer Secunde durchläuft. Von 40 bis 50 Fuß Geschwindigkeit ist er schon ein mittelmäßiger Sturm, zwischen 50 und 60 Fuß ein starker Sturm, und von 60 Fuß und drüber ein Orkan. Die westindischen Orkane sind besonders fürchterlich in ihren Wirkungen. Daß in den obern Regionen der Atmosphäre Winde nach einer andern, oft entgegengesetzten Richtung fortstreichen, als der an der Erde hat, zeigen die Wolken.

„Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels, oder einer zuverlässigen Methode, die Geschwindigkeit der Winde und der strömenden Gewässer zu beobachten, von R. Woltmann, Hamburg 1790. 4. Dessen Anemometer im Goth. Magaz. B. XI. St. 5. S. 108. &c."

§. 1523. Außer diesen sogenannten luftigen Meteoren haben wir hier noch die wässerigen Meteore oder Lufterscheinungen zu betrachten, zu welchen das in der

Luft aufgestiegene Wasser Anlaß giebt, wobey ich mich auf das beziehe, was ich von den Dünsten oben (§. 578. und folgende) angeführt habe.

§. 1524. Mehr als zwey Drittel der Oberfläche unserer Erdkugel sind mit Wasser bedeckt; kein Wunder also, daß durch Beyhülfe der Wärme dieses Wasser beständig als Dunst in der Atmosphäre aufsteigt. Dieß und die Ausdünstung der feuchten Erde, der Pflanzen und der Thiere in so unzählbaren Schaaren, macht, daß die Atmosphäre nie von Feuchtigkeit frey ist, und deßwegen eigene Erscheinungen liefert. Wenn zur Sommerszeit die Luft am Tage durch Hülfe der Wärme eine beträchtliche Menge Wasser in expansibelem Zustande enthält, und zur Nachtzeit sich die Temperatur ändert und die Luft kühler wird: so kann nun die vorige Menge Feuchtigkeit wegen verminderter Temperatur nicht mehr expansibel bleiben, und es wird das Wasser in concreter Gestalt als Thau abgeschieden. Der Thau ist also nicht sowohl Dunst der Pflanzen, als vielmehr atmosphärisches Wasser, das sich auch an andere Körper, als an Pflanzen, anlegt, und zwar um desto mehr, je leichter diese erkalten. Es erhellet auch daraus, warum Pflanzen bethauen, die mit Glocken bedeckt waren, weil nehmlich unter der Glocke ebenfalls bey der Abkühlung so viel Wasserdunst zersetzt und eben so viel Wasser niedergeschlagen werden muß, als bey dieser Temperatur nicht mehr expansibel bleiben kann; ja warum in einer leeren zugestopften Bouteille Thau entstehen kann. Es hat mit dem Thau eine ganz ähnliche Beschaffenheit, wie mit dem Beschlagen der Fenster im Winter. Wenn die Abkühlung der Luft nicht sattsam erfolgt, oder das Maximum der Verdunstung darin nicht Statt fand, so wird auch weniger oder gar kein Wasserdampf darin zersetzt; und das Erstere ist der Grund, warum es oft in Städten nicht thauet, indeß man Thau auf dem Lande findet. Allerdings können auch beym Thau andere Arten der Ausdünstung Statt finden.

§. 1525. Wenn die Luft bis zum Gefrierpunkte erkaltet, so gefriert auch das aus dem Dunste sich niederschlagende Wasser, und bildet alsdann auf den Körpern, wenn diese auch hinlänglich genug erkaltet sind, den Reif (pruina), der also ein gefrorner Thau ist. Das Gefrieren der Fenster zur Winterszeit, und das uneigentlich sogenannte Ausschlagen der Kälte an den Gebäuden und kalten Körpern beym Anfange des Thauwetters, hat einen ganz ähnlichen Grund.

§. 1526. Nebel ist Wasser, das aus dem Dunste niedergeschlagen worden, und wegen seiner höchst feinen Zertheilung und durch Cohäsion in der Luft schwimmend erhalten wird. Er entsteht aus der Zersetzung des Dunstes durch Vermehrung des Drucks der Atmosphäre oder Verminderung ihrer Temperatur, wobey freylich ein bestimmter Grad der Verdunstung darin vorausgesetzt wird. Treten die Theilchen dieses Nebels durch schnelle Anhäufung bey fortdauernder Ursach, oder durch Winde, näher zusammen, so geht er in tropfbare Gestalt, in Thau oder Regen über, und man sagt, der Nebel fällt. Wird die Luft durch die Sonnenstrahlen erwärmt, so verwandelt sich der Nebel auch von neuem wieder in expansible, durchsichtige Flüssigkeit, und man sagt alsdann, der Nebel steigt. Auf das erstere folgt gewöhnlich ein heiterer Tag, auf dieses ein trüber; und die Ursach ist nicht schwer einzusehen. Daß ein Nebel durch den Stoß der Sonnenstrahlen auf die Dünste in der Luft entstehe, konnte man sonst wohl behaupten, da man die Natur der Dünste noch nicht besser kannte. Aus der angeführten Entstehungsart des Nebels läßt sich erklären, warum im Herbste und Frühlinge die Nebel am gewöhnlichsten sind; warum sie besonders des Morgens und Abends gesehen werden; warum Oerter an der See dem Nebel mehr ausgesetzt sind, als andere; warum bey starken Wasserfällen beständig Nebel wahrgenommen werden. Das Sichtbarwerden unsers Hauches im Winter hat ei-

nerley Grund mit der Entstehung des Nebels, und das Anlaufen eines kalten Spiegels durch denselben mit der Entstehung des Thaues.

„Ueber de Luc's und Parrot's Theorieen des atmosphärischen Wasser's; s. Gilbert's Annal. Jahrgang 1802 S. 66. 167 u. 319. Jahrg. 1812. 6. St. Kr."

§. 1527. Außer dem Wasser können allerdings auch andere Dinge zu expansibeln Flüssigkeiten, oder zu Dunst, und durch Entziehung ihres fortleitenden Flüssigen wieder niedergeschlagen werden; und dieß ist der Grund, warum mancher Nebel einen eigenen Geruch hat. Der im Jahre 1783 gesehene so merkwürdige Landrauch, Sonnenrauch, oder Höhenrauch, hatte gewiß auch in solchen fremdartigen, in der Luft in Dunstgestalt befindlichen Dingen seinen Grund, über deren Natur sich aber wegen ihrer subtilen Beschaffenheit nichts Gewisses bestimmen läßt.

§. 1528. Wolken sind nichts anderes, als Nebel, die in höhern Gegenden der Luft schwimmen. Wird der mit Wasserdünsten beladenen Luft der obern Gegend durch irgend eine Ursach, z. B. durch kalte Winde, der nöthige specifische Wärmestoff entzogen, so kann auch plötzlich und auf einmal der Himmel mit Wolken überzogen werden; und so können auch, umgekehrt, Wolken nach und nach kleiner werden, und endlich ganz verschwinden, wenn die Ursach der Dunstbildung, die Wärme, zunimmt. Die scheinbare Dichtigkeit erhalten die Wolken von ihrer großen Weite. Ihre Entfernung von der Erde ist aber sehr verschieden, wie auch der Augenschein lehrt. Da das Wasser, so lange es als expansible Flüssigkeit in der Luft enthalten ist, nicht aufs Hygrometer wirkt, so läßt es sich sehr gut erklären, wie in einer fürs Hygrometer trockenen Luft hoher Regionen doch plötzlich Wolken entstehen können, die jetzt erst das Hygrometer afficiren.

„Ueber den Howard'schen Versuch einer Naturgeschichte der Wolken, von Ad. Müller; Gilbert's Ann. B. LV. S. 102 ff. Kr."

§. 1529. Geschiehet die Zersetzung der wässerigen Dünste schnell genug und in hinreichender Menge in den obern Regionen der Luft, so daß das niedergeschlagene Wasser zum tropfbar-flüssigen zusammenzutreten genöthiget ist, so kann es nun wegen seines ungleich größern specifischen Gewichts von der Luft nicht mehr getragen werden, und fällt als Wassertropfen oder als Regen nieder. Dessenungeachtet bleiben hierbey noch immer große Schwierigkeiten, um besonders die unermeßliche Menge Wasser zu erklären, die, zumal bey einem Platzregen, fällt. De Luc ist geneigt, einen Uebergang des Wasserdunstes zur Luft, und eine Vernichtung und Zersetzung der letztern durch noch unbekannte Operationen der Natur, anzunehmen.

De Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. Abh. III. Kap. 1. (S. 1 u. ff.); „vergl. oben die Anm. zu §. 1526. Kr."

Briefe von de Luc an de la Metherie über den Regen; übers. im Journ. der Phys. B. III. S. 287 ff. Lichtenberg's Vorrede zur fünften Ausgabe der Erxlebenschen Naturlehre. „s. Brandis Bemerk.; Gilbert's Ann. B. LV. S. 112. Kr."

§. 1530. Wenn die in der Atmosphäre zersetzten Wasserdünste so viel von ihrem Wärmestoffe verlieren, daß sie fest werden können, oder gefrieren, so bilden sie den Schnee, der dadurch, daß sich mehrere Theilchen dieses gefrornen Dunstwassers an einander hängen, zu dem eckigten, lockern, flockigten Körper wird. Bey einer stillen Luft wird die Bildung desselben ziemlich regelmäßig, und die einzelnen Fasern setzen sich in einen sechszackigen Stern zusammen. Warum der Schnee aber gerade diese Gestalt annimmt, darüber braucht man sich wohl eben so wenig den Kopf zu zerbrechen, als warum sich andere Körper beym Festwerden in diese oder jene regelmäßige Figur zusammmenbegeben. Die Nachforschungen darüber werden vielleicht stets vergeblich seyn.

§. 1531. Die aus den Dünsten bey ihrem Uebergange zum tropfbaren Wasser, oder zum festen Körper,

zum Schnee, freywerdende Wärme muß freylich wieder auf die Atmosphäre wirken, und ihr eine größere empfindbare Wärme mittheilen, durch welche nun die Dunstbildung wieder von neuem zunimmt, wenn sie nicht durch andere unbekannte Ursachen wieder latent wird. In dieser freywerdenden Wärme ist wohl die Ursach zu suchen, daß das Wetter kurz vor dem Schnee im Winter etwas gelinder wird. Der gemeine Mann verwechselt Wirkung und Ursach, wenn er sagt: es kann vor Kälte nicht schneyen. Daß nehmlich vor dem Schneyen die Atmosphäre etwas wärmer wird, ist Wirkung, nicht Ursach des Schnees.

§. 1532. Der Hagel (grando) entsteht offenbar aus dem Regen, und ist nicht, wie Einige glauben, zusammengetriebener und unter einander gerollter Schnee. Wird nehmlich dem Regen bey seiner Entstehung oder während seines Herabfallens durch irgend eine Ursach plötzlich der ihm im tropfbaren Zustande zukommende Wärmestoff entzogen, so gesteht er und gefriert; und weil die Theile hierbey nicht Zeit haben, sich in regelmäßige krystallinische Lagen anzuziehen und zusammenzutreten, so kommt es auch, daß er mehr die Gestalt von unförmlichen Eisklumpen hat. Von der schnellen Entziehung des Wärmefluidums und dem Zusammentreiben der Regentropfen durch Winde rührt auch die Größe des Hagels her. Es ist jetzt ziemlich wahrscheinlich, daß die Elektricität beym Entstehen des Hagels wirksam ist. Ob sie aber Ursach oder Wirkung dabey sey, das scheint mir noch nicht so ganz ausgemacht. Ich bin sehr geneigt, zu glauben, daß die schweren Donnerwetter, die den Hagel begleiten, ihre Entstehung mit in dem beym letzten ausgeschiedenen Wärmestoffe haben. Daß es im Winter nicht leicht hagelt, hat ohne Zweifel seinen Grund in der Kälte der Atmosphäre, die nicht zuläßt, daß der Nebel der zersetzten Dünste erst zum tropfbaren Wasser zurückkehrt, sondern sogleich zum Gefrieren gebracht wird, und also zu Schnee wird. Dicke Gewitterwolken können dadurch, daß

sie

sie die Sonnenstrahlen abhalten, ebenfalls zur Erkältung der unter ihnen befindlichen Luftschichten Gelegenheit geben, und dadurch eben zur Entziehung des nöthigen Wärmefluidums des Regens beytragen. Sollte nicht vielleicht auch Verdunstung, die nothwendig mit Erkältung verknüpft seyn muß, und die vielleicht durch Elektricität und heiße Sonnenstrahlen hervorgebracht wird, an der Entstehung des Hagels Antheil haben? Sollte in dem Mangel der letztern vielleicht auch der Grund liegen, warum es zur Nachtzeit selten hagelt?

„Volta's und Configliachi's hieher gehörige Bemerkungen; Gilbert's Ann. B. LVII. S. 541 ff. S. 357 ff. Ueber den Schneedonner in den Alpen; ebendas. B. LV. S. 109. Ueber Bildung der Blitzröhren; Fiedler ebendas. S. 121 ff. Kr."

§. 1533. Die absolute Menge des in einer bestimmten Zeit, z. B. in einem Jahre, aus der Luft sich abscheidenden und auf die Erdfläche fallenden Wassers hat man durch sogen. Hyetometer (Ombrometer oder Regenmaaße) zu bestimmen gesucht. Allein es ist beynahe unmöglich, jene genau zu finden, da ein großer Theil, der als Thau auf ein Behältniß niederfällt, oft eben so schnell wieder davon verdunstet, und die Verdunstung überhaupt beym Aufsammeln des Wassers nicht ganz verhütet werden kann. Nach einer Mittelzahl schätzt man gewöhnlich das als Regen, Schnee, Hagel u. s. w. in unsern Gegenden binnen einem Jahre aus der Atmosphäre niederfallende Wasser auf 30 Zoll Höhe; oder es würde dieß Wasser die Oberfläche des platten Landes 30 Zoll hoch bedecken, wenn nichts davon verdunstete oder sich sonst einsaugte. Die Lage eines Landes, das Klima, Waldungen und Gebirge ändern diese Menge sehr mannigfaltig ab. — Eben so schwer ist es, die Ausdünstung des Wassers durch Atmometer (Atmidometer) zu messen, da hierbey die Luft vorzüglich wirksam ist, die nicht an allen Seiten gleich stark darauf auflösend seyn kann.

Descriptio instrumentorum societatis meteorologicae palat. Manhemii 1783. 4. Hermanns mechanischer verbesserter Wind-, Regen- und Trockenheitsbeobachter. Freyb. und Annab. 1789. 8.

§. 1534. Die Tromben und Wasserhosen, wobey sich eine Wassersäule von einer Wolke bis zum Meere, oder umgekehrt, erhebt, die mit reißender Geschwindigkeit in der Runde herumgedrehet wird, so daß eine Art von leerem Raum durch die Fliehkraft in ihr zu entstehen scheint, bey ihrem Fortgange zerstörende und fürchterliche Wirkungen hervorbringt, wobey das Wasser kocht und brauset, die Luft schweflicht riecht, und sich auch Bliß und Donner dabey zeigt, können unmöglich nach bloß mechanischen Gesetzen erklärt werden. Gewiß haben hier mehrere fremdartige Stoffe und Gasarten und vorzüglich die Elektricität Antheil, jedoch kennen wir jene Gase und Einzelstoffe zur Zeit noch zu wenig, um eine genügende Theorie der Tromben und ähnlichen Erscheinungen geben zu können. Man hat beobachtet, daß vor der Entstehung der Tromben das Barometer, das sonst zwischen den Wendekreisen, wo jene Naturerscheinung vorzüglich Statt findet, nur unmerkliche Veränderungen erleidet, sehr ansehnlich tief herabzufallen anfängt.

Magazin merkw. neuer Reisebeschreibungen, B. VIII. S. 156.

„Daß Wirbelwinde, Windhosen, und Tromben „Luftgewitter" einzelner Orte, und Orkane „Luftgewitter von größerer Ausdehnung" sind, machen neuere Beobachtungen sehr wahrscheinlich; vergl. Luke Howard in Gilbert's Ann. B. LVII. S. 219 f.; Le Plat ebendas. B. LVIII. S. 207. Kr."

§. 1535. Eine der schönsten, aber auch der fürchterlichsten Erscheinungen in der Natur ist das Gewitter oder Donnerwetter. Schon im J. 1746 behauptete Winkler eine vollkommene und wesentliche Gleichheit zwischen den Wirkungen der Elektricität und denen des Gewitters, deren einziger Unterschied bloß in dem Grade der Stärke beruhe; und bald nachher that es Franklin (1747) noch überzeugender dar, daß der Blitz ein starker elektrischer Funke, und die Gewittermaterie mit der elektrischen einerley sey. Die Erscheinungen des Blitzes lassen sich auch sammt und sonders im Kleinen mit der Elektrisirmaschine nachahmen. Der Blitz geht, wie der elektrische Funke, in geschlängelten We-

gen durch die Luft, trifft hohe und hervorragende Gegenstände am leichtesten, entzündet brennbare Stoffe, tödtet Menschen und Thiere, zerschmettert oder durchlöchert feste Körper, zumal wenn sie keine oder unvollkommene elektrische Leiter sind, folgt allemal den besten Leitern, den Metallen, am liebsten, schmelzt Metalle augenblicklich u. s. w. Was endlich diese Meynung außer allen Zweifel setzt, ist, daß man die Elektricität der Gewitterwolken sogar ableiten, einem isolirten Leiter zuführen, und dann die elektrischen Erscheinungen daran wahrnehmen kann.

Diese Muthmaßung des großen Franklin's wurde zuerst 1752 von Dalybord zu Marly la Ville und Delor zu Paris durch Versuche bestätiget; und Franklin selbst überzeugte sich in diesem Jahre, ohne von jenen Versuchen etwas zu wissen, durch den elektrischen Drachen und durch ein elektrisches Glockenspiel an einer auf seinem Hause zu Philadelphia aufgerichteten isolirten eisernen Stange von der Elektricität der Gewitterwolken. De Romas zu Nerac und Beccaria zu Turin bestätigten diese Theorie noch mehr durch Versuche. Niemand zweifelte endlich mehr daran, nachdem der verdiente Professor Richmann in Petersburg unglücklicherweise am 6. August 1753 durch den Ausbruch eines solchen starken elektrischen Funkens oder Blitzes, der aus einer Gewitterwolke in einen isolirten Metalldrath geleitet war, getödtet wurde.

Winkler Abhandl. von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen, Leipzig 1746. 8. Franklin's Briefe über die Elektricität, von Wilke, S. 50 f. S. 72 f. Priestley's Geschichte der Elektricität, aus dem Engl. übersetzt von Krünitz, 1772. gr. 4. Mémoire, où après avoir donné un moyen aisé pour élever fort haut et à peu de frais un corps électrisable isolé — par M. de Romas; in den *Mém. présent.* T. II. S. 393 ff. *Beccaria* lattere dell elettricismo, Bologna 1758. 4. Relation sur la mort de Richmann; in der *Histoire de l'acad. roy. des sc. de Paris, année* 1753. à Paris 1757.

§. 1536. Durch Versuche mit dem elektrischen Drachen, dem Condensator, dem Elektricitätssammler, und unsern feinern Elektrometern, wissen wir jetzt, daß in der Atmosphäre stets Elektricität wirksam ist. V. Saussure hat darüber insbesondere sehr viele Beobachtungen, und zwar in verschiedenen Höhen, angestellt. Er fand, daß die Intensität dieser Luftelektricität veränderlich ist, nach der relativen Höhe eines Ortes; daß sie sich an den höchsten und isolirtesten Orten am stärksten zeigt; daß sie an einem

und demselben Orte sehr großen Veränderungen unterworfen ist; daß besonders Nebel mit einer sehr bemerkbaren Elektricität begleitet sind, außer, wenn sie sich in Regen auflösen; daß die Elektricität der ganz heitern Luft im Winter von der Stunde an, da der Thau sein Fallen ganz geendigt, bis zum Aufgange der Sonne am schwächsten ist, wo dann ihre Stärke wieder zunimmt, und früher oder später, fast immer aber vor Mittag, bis zu einem gewissen höchsten Punkte gelangt, nachher aber wieder schwächer zu werden scheint, bis sie sich bey dem Falle des Thaues gleichsam erholt und zuweilen am stärksten wird, und endlich stufenweise bis tief in die Nacht hinein wieder abnimmt. Die Elektricität der hellen Luft fand v. Saussüre unwandelbar positiv, sowohl im Sommer, als im Winter, bey Tage und bey Nacht, an der Sonne und im Thau; und dieß bestätigte Volta's Behauptung, daß die atmosphärische Elektricität ihrer eigentlichen Natur nach positiv sey, und daß diejenige, die man bey gewissen Regen und zuweilen bey Donnerwettern negativ gefunden, nur von den Wolken herkomme.

Saussüre's Reisen durch die Alpen, Th. III. Kap. 28. Meteorologisches Journal, besonders in Rücksicht auf die atmosphärische Elektricität, von J. Read; aus den *Philos. transact.* übers. im Journal der Phys. B. VI. S. 254 ff.

„A. Volta in Gilbert's Ann. B. LXXVII. S. 341 ff. Kr."

§. 1537. Aus dieser Elektricität der Atmosphäre leitete man nun die Entstehung der Gewitter bisher allgemein so ab, daß man annahm, sie theile sich den Wolken, als isolirten und mit Luft umgebenen Leitern, mit, und häufe sich in ihnen an. Werde ihnen nun eine andere unelektrische Wolke zugetrieben, so habe dieß den Ausbruch des großen elektrischen Funkens oder des Blitzes zur Folge. Es könne aber auch in zwey über einander oder neben einander stehenden Wolken entgegengesetzte Elektricität durch Vertheilung entstehen, und bey ihrer Annäherung endlich ein desto stärkerer Blitz hervorbrechen. Endlich könne sich die einfache Elektricität einer Donnerwolke in ihr so stark

anhäufen, daß sich ihr Wirkungskreis bis zur Erdfläche erstrecke, die dann die entgegengesetzte Elektricität annehme, wobey zuletzt bey sehr starker Anhäufung der Elektricität, und genugsamer Annäherung der Wolke, der Blitz die geladenen Luftschichten dazwischen durchbreche, und im Zickzack herabfahre. Das Blitzen der Gewitterwolke dauere so lange, bis entweder das Gleichgewicht der Elektricitäten hergestellt, oder die Wolke selbst als Regen herabgefallen sey. So sahe man also die Donnerwolken als isolirte und elektrisirte Conductoren an, und leitete daraus die Erscheinungen des Gewitters ab. Aber so sehr man auch hier im Besitze der Ursach zu seyn glaubte, so hat doch de Luc dagegen Gründe vorgebracht, welche diese Erklärung völlig über den Haufen werfen. Erstlich bilden die Wolken zur Zeit des Gewitters oft ein Continuum am ganzen sichtbaren Horizonte: wie wäre es also möglich, daß in diesen zusammenhängenden oder sich berührenden Leitern die Elektricität, ohne sich sogleich durch die ganze Masse ins Gleichgewicht zu setzen, örtlich angehäuft seyn könnte? Zweytens kann man billig fragen: wie es möglich, daß, sobald die Gewitterwolken zu regnen anfangen, durch den Regen, der sie als Leiter mit der Erde in leitende Verbindung setzt, die Wolke nicht sogleich entladen wird, da doch das Gewitter beym Regen noch anhaltend fortdauert? Endlich beobachtete de Luc Gewitter in hohen Thälern der Alpen, ungeachtet die Wolken rund herum die Gipfel der das Thal begränzenden Gebirge berührten, und also damit in leitender Verbindung waren. Die Gewitterwolken können also keine geladenen Conductoren seyn. De Luc nimmt selbst dagegen an, daß erst beym Augenblicke des Ausbruchs des Blitzes das elektrische Fluidum aus seinen Ingredienzen plötzlich in großer Menge auf eine Art gebildet werde, die wir erst noch zu erforschen haben, ehe wir im Besitze der Kenntniß der Ursach der Erscheinungen des Gewitters zu seyn glauben dürfen. Wenn übrigens die elektrische Flüssigkeit nach Volta aus dem Boden in die Atmosphäre durch Verdunstung

überginge, und ihre Rückkehr zum Boden Statt fände, wenn sich die Dünste wieder in Wasser verwandeln, so müßte es immer bey allen starken und plötzlichen Regengüssen Donnerwetter geben, was doch nicht ist.

Siebenter Brief von de Luc an de la Metherie, übers. im Journ. der Phys. B. IV. S. 264. §. 16 u. ff.

„Volta a. a. O. Die Entstehung der Wolkengewitter scheint zum Theil von der Elektricitätserregung durch Berührung ungleicher Leiter, d. i. von galvanischen Bedingungen abhängig zu seyn. Kr."

§. 1538. Der Blitz, oder der Ausbruch des großen elektrischen Funkens der Donnerwolken, würde eigentlich wohl als ein Feuerballen erscheinen; allein sein Durchbruch durch die Luft, als einen sehr unvollkommenen Leiter, giebt ihm die Gestalt eines geschlängelten Strahles. Hohe und hervorragende Körper sind natürlicherweise dem Blitze vorzüglich ausgesetzt. Das Ziel desselben ist aber zuletzt die feuchte Erde oder das Wasser, wo seine Wirkung eben wegen ihrer leitenden Kraft nun aufhört. Der Blitz trifft aber nicht immer die Erde.

§. 1539. Der Blitz folgt den besten Leitern der Elektricität, und diese sind vorzüglich die Metalle, und dann die Feuchtigkeit. Dünne Metallstücke und Dräthe werden davon auch wohl geschmolzen, größere durchlöchert. Er äußert diese Wirkung auf Metalle besonders, wenn sie in schlechte Leiter eingeschlossen sind, ohne diese gerade zu entzünden, wenn es verbrennliche Körper waren. Er tödtet Menschen und Thiere, aber gewiß wohl öfter durch Schreck, Unterbrechung der Respiration, Asphyxie, Entoxydirung der Luft, und durch Erschütterung des Gehirns, als durch wirkliche Beschädigung. Man hat freylich Beyspiele von Brandflecken an den Leichnamen der vom Blitze Erschlagenen, und von Verletzung derselben; aber ganz ungegründet sind die Erzählungen von Zerschmetterung der Knochen. Viele der vom Blitze gerührten würden doch bey der schleunigen Anwendung von gehörigen Hülfsmitteln wieder zum Leben gebracht werden können. Nichtleitende oder schlechte

leitende Körper zerschmettert und zerbricht der Blitz, und springt von ihnen zu den besser leitenden über. Die Gewalt desselben ist dabey oft ausnehmend groß. Die Unterbrechung der Leitungen des Blitzes ist mit einer Explosion verknüpft, deren Stärke von dem Umfange des nichtleitenden Körpers, oder des Blitzes selbst abhängt. Auch wenn die Leiter zu klein sind, und zu wenig Fläche haben, explodirt der Blitz. Bey den Explosionen des Blitzes entsteht eben die Entzündung entzündlicher Substanzen. Daß das durch den Blitz hervorgebrachte Feuer an sich schwerer zu löschen sey, als gemeines Feuer, ist Fabel.

§. 1540. Der Donner ist der Knall, der mit dem Ausbruche des Blitzes verbunden ist. Er rührt, wie der geringere Knall des elektrischen Funkens, von der Erschütterung der Luft her, die als eine schlechtleitende Substanz eine Explosion des Blitzes veranlaßt. Aber das Rollen des Donners ist ein Phänomen, von welchem de Luc gezeigt hat, daß auch hier die bisherigen Erklärungen ganz und gar unzureichend sind.

De Luc a. a. O. §. 25.

§. 1541. Das Läuten der Glocken und das Abfeuern des Geschützes sind unzulängliche Mittel, um einen Ort gegen die Wirkung des Blitzes zu sichern. Auf dem freyen Felde sind Bäume, in den Zimmern Bedeckungen mit isolirenden Substanzen nicht allein zweifelhafte, sondern oft gefährliche Sicherungsmittel. In die Keller dringt der Blitz freylich selten; aber der Aufenthalt darin ist wegen anderer Ursachen beym Gewitter gefährlich. In Gebäuden ist es am besten, sich in den untersten Zimmern, die geräumig und hoch genug sind, in der Entfernung von den Wänden und dem Ofen, am besten auf Matratzen stehend, oder auf Stühlen sitzend, aufzuhalten, und sich von sehr leitenden Substanzen zu entledigen. Es ist irrig, wenn man glaubt, daß ein Luftzug den Blitz herbeylocken könne. Auf

dem Felde ist es am sichersten, sich in einer Entfernung von funfzehn bis zwanzig Fuß von einem Baume und seinen Zweigen aufzuhalten, und sich lieber niederzulegen, als zu stehen oder zu sitzen. Ist man zu Pferde, so ist es sicherer, abzusteigen, und nicht zu nahe beym Pferde zu bleiben.

J. A. H. Reimarus vom Blitze, Hamb. 1778. 8. Th. I. II. Ph. Pet. Guden von der Sicherheit wider die Donnerstrahlen, Göttingen und Gotha 1779. 8. Tetens über die beste Sicherung seiner Person bey einem Gewitter, Bützow und Wismar 1774. 8. Verhaltungsregeln bey nahen Donnerwettern, Gotha 1774. 1778. 8.

§. 1542. Das beste und sicherste Mittel aber, ein Gebäude vor den Wirkungen des Blitzes zu sichern, sind die Gewitterableiter, Blitzableiter, eine Erfindung von Franklin, durch welche allein er sich schon um das Wohl der Menschheit unsterblich verdient gemacht hat. Ihre Theorie gründet sich darauf, daß eine ununterbrochene metallische Leitung von hinlänglicher Dicke die elektrische Materie des Blitzes ohne Beschädigung anderer Körper bis ans Ende derselben abführt. Wenn nun diese Leitung in feuchte Erde oder ins Wasser geführt ist, so folgt der Blitz, wenn er ja einschlägt, ganz gewiß dem Metalle bis in die Erde, ohne das Gebäude zu beschädigen. Die Anordnung einer solchen Ableitung müßte also dergestalt beschaffen seyn, daß sie dem Anfalle des Blitzes eher, als andere Theile des Gebäudes ausgesetzt, folglich über diese hervorragend, daß sie ununterbrochen, und endlich in die feuchte Erde, oder besser in fließendes Wasser oder in einen tiefen Brunnen fortgeführt wäre. Durch einen solchen Ableiter würde zwar nicht das Einschlagen des Blitzes, aber doch das Beschädigen des Gebäudes sicher verhütet werden.

Reimarus angef. Schrift, und Ebendesselben Vorschriften zur Anlegung einer Blitzableitung an allerley Gebäuden. Hamburg 1778. 8. Die Kunst, Thürme und andere Gebäude vor den schädlichen Wirkungen des Blitzes durch Ableitung zu bewahren, von J. J. von Felbiger. Breslau 1774. 8. Anleitung, Wetterleiter an allen Gattungen von Gebäuden auf die sicherste Art anzulegen, von J. J. Hemmer, Mannheim 1786. 8.

„Singer's Elemente der Elektricität und der Elektrochemie, übers. von Müller. S. 145. Kr."

§. 1543. Da die metallischen Spitzen das Vermögen besitzen, die Elektricität in beträchtlicher Entfernung, und allmählig, einzusaugen, so ging Franklin in seinem Vorschlage noch weiter, durch einen so gehörig eingerichteten zugespitzten Ableiter nicht allein die Gewittermaterie auf einem unschädlichen Wege zu leiten, sondern auch die Wolke selbst in ihren Wirkungen zu entkräften und den Schlag zu verhüten. Man könnte einen solchen Blitzableiter einen offensiven nennen, im Gegensatze des vorhin erwähnten defensiven, mit dem er übrigens in seiner ganzen übrigen Einrichtung übereinkommt, und dessen Dienste er ebenfalls im ereignenden Falle verrichtet. Da indessen die Gewitterwolken vor dem Ausbruche des Blitzes nicht mit Elektricität, nach Art isolirter Conductoren, geladen sind (§. 1537.): so sieht man leicht, daß es keine offensiven Blitzableiter geben kann. Sie können alle nur defensiv seyn, und dieß wird immer noch ihren Werth unschätzbar machen. Der Streit einiger Naturforscher, ob die stumpfen oder spitzigen Ableiter den Vorzug verdienen, möchte wohl auf nichts hinauslaufen, wenn man nur erwägt, daß die Quantität der elektrischen Flüssigkeit beym Ausbruche des Blitzes so groß ist, daß alle unsere stumpfen Blitzableiter in dieser Hinsicht als spitzige anzusehen sind.

§. 1544. Das **Wetterleuchten** (fulguratio, coruscatio), das zuweilen des Abends, selbst bey klarem Wetter, wahrgenommen wird, ist vom Blitze darin unterschieden, daß es nie von einem Knalle oder Donner begleitet wird. Ob es wirklich eine Entzündung brennbarer Dünste in der obern Luft, oder ein sehr entferntes Gewitter sey, dessen Donner nicht wahrgenommen werden kann, ist noch nicht hinlänglich ausgemacht.

Torb. Bergmann de fulguratione observationes; in seinen *opusc. phys.-chem.* Vol. V. S. 548 ff.

§. 1545. Das sogenannte St. Elms-Feuer, oder Helenen-Feuer, welches die Alten Castor und Pollux,

nannten, wo aus leitenden Spitzen hoher Thürme und Mastbäume ein Licht in Form eines umgekehrten Kegels herausströmt, ist wohl ganz elektrischen Ursprungs, und zeigt sich besonders bey einer Gewitterluft.

Reimarus vom Blitze, §. 44. 172 u. ff.

§. 1546.[a] Die Irrlichter oder Irrwische (ignes fatui, ambulones) sind Entzündungen, oder vielmehr ein Leuchten phosphorischer Luftarten und Dünste, die aus morastigem Boden, und aus einer mit faulenden und verwesenden Gewächsen und Thieren angefüllten Erde aufsteigen, und daher auch nur an solchen Orten gesehen werden, wo dergleichen Zersetzung organischer Körper durch Fäulniß und Verwesung vorgeht. Weil bald an dieser, bald an jener Stelle ein solcher Dunst leuchtend wird, so hat es das Ansehen, als ob sie forthüpften, und zu dem Mährchen Gelegenheit gegeben, daß sie vor dem flöhen, der sie verfolgte, und den verfolgten, der vor ihnen flöhe; ingleichem, daß sie sich dem Betenden näherten und von dem Fluchenden entfernten. Entzündungen brennbarer vielleicht phosphorischer Luftarten in den höhern Gegenden der Atmosphäre heißen **Sternschnuppen** (stellae cadentes), und wenn sie die Figur eines geschwänzten Kometen haben, fliegende Drachen oder **Feuerkugeln** (bolides).

„Chladni's Meynung zu Folge, sind Sternschnuppen und fliegende Drachen nicht irdischen, sondern kosmischen Ursprungs, und zum Theil in beträchtlichen Fernen an der Erde vorübergehende, den nicht explodirenden Feuerkugeln ähnliche Massen: Gilbert's Ann. B. LV. S. 99 ff. Davy's Meynung ebendas. B. LVI. S. 240. Benzenberg's Bemerkung. B. LVIII. S. 289. Brandes a. a. O. S. 525. Kr."

§. 1547.[b] „Die **Meteorsteine** sind in den neuen Zeiten zu merkwürdig geworden, als daß wir sie mit Stillschweigen übergehen könnten. Es ist gegenwärtig eine unstreitige Thatsache, daß zuweilen Steinmassen, selbst von sehr beträchtlicher Größe, aus der Luft herabfallen, welche sich vorher als Feuerkugeln zeigen, die mit einem heftigen Knalle zerspringen. Ob alle Feuerkugeln von dieser Beschaffenheit sind, müssen fernere aufmerksame Beobachtungen

lehren. Der sonderbarste Umstand hierbey ist die immer gleiche chemische Mischung dieser Meteorsteine: sie bestehen aus nickelhaltigem gediegenen Eisen, Eisenoxyd, Kieselerde, Talkerde und etwas Schwefel; einer Mischung, welche sonst im Mineralreiche nirgends vorkommt. Die Ursache dieser Erscheinung ist äußerst dunkel. Einige halten sie für Auswürfe irdischer Vulcane, Andere für Erzeugnisse chemischer Processe in den höchsten Luftregionen; noch Andere suchen ihren Ursprung außer der Atmosphäre in den Vulcanen des Mondes, oder in Massen, die in dem leeren Luftraume herumfliegen, und zufällig auf Weltkörper, die sich ihnen nähern, fallen sollen: lauter Hypothesen, die an das Abenteuerliche gränzen, und gegen deren jede sich wichtige Erinnerungen machen lassen. F."

„Vergl. oben §. 1482 ff. Kr."

§. 1548. Das **Nordlicht** (aurora borealis, lumen boreale) hat so viel Aehnlichkeit mit den Erscheinungen des elektrischen Lichts in der verdünnten Luft, daß man sehr geneigt wird, es für ein elektrisches **Meteor** zu halten. Die Nordlichter haben auch wirklich in den höchsten Gegenden der Atmosphäre, und folglich in einer sehr verdünnten Luft, ihren Sitz, die für die elektrische Materie allerdings ein Leiter wird. Phosphorische Dünste bringen zwar ebenfalls ein ähnliches Leuchten hervor; ich zweifle aber, ob sie so hoch in der Atmosphäre aufsteigen könnten, als das Nordlicht wirklich ist. Man hat sonst mancherley andere, zum Theil wunderliche Ursachen zur Erklärung des Nordlichts angegeben. Der Meynung **Mairans**, daß die in die Erdatmosphäre am Nord- und Südpole sich einsenkenden Dünste der Sonnenatmosphäre das Nordlicht veranlaßten, lassen sich nach d'Alembert wichtige Zweifel entgegensetzen; so wie auch **Kulmus** Erklärung, die P. **Hell** wieder vorgetragen hat, daß das Nordlicht eine bloße optische Erscheinung sey, und von dem Lichte herrühre, welches die Schneewolken und Eisberge am Nordpole, und die Schnee- und Eistheilchen in der Luft von der Sonne und dem Monde

reflectirten, schon dadurch widerlegt wird, daß es unmöglich ist, daß in der Luft feste oder gefrorne Dünste schwimmend seyn können; und das Schneelicht könnte auch unmöglich die Höhe erreichen, welche das Nordlicht hat. Das Zodiacal-Licht dagegen rührt aller Wahrscheinlichkeit nach von der Sonnenatmosphäre her.

Traité physique et historique de l'aurore boréale, par Mr. *de Mairan*, à Paris 1733. 1754. gr. 4. *D'Alembert* opusc. mathém. T. VI. S. 354. P. Hells Abhandlung über das Nordlicht, in den Wiener Ephemeriden vom J. 1777. *Torb. Bergmann* Aurorae boreales, annis 1759. 60. 61 et 62. observatae; in seinen *opusc. phys.-chem.* Vol. V. S. 286 ff. Ebenderselbe de aurorae borealis altitudine, ebendas. S. 272 ff.

„Nord- und Südscheine sind vielleicht die den magnetischen Erdpolen periodisch entstrahlende Erdelektricität? Kr."

„Nach v. Mairan ist das Zodiakallicht die entweder selbst leuchtende oder uns durch Reflexion Licht zusendende stark abgeplattete, linsenförmige Sonnenatmosphäre. Kr."

§. 1549. Wenn es aus einer dunkeln Wolke regnet, und die Sonne dergestalt dagegen scheint, daß man sich zwischen der Sonne und der Wolke befindet, so sieht man ein schönes glänzendes **Meteor**, das sich unter dem Namen des **Regenbogens** (iris, arcus coelestis) als einen bunten Bogen zeigt, oder doch ein Stück desselben vorstellt, an welchem sich die Farben des Prisma dergestalt befinden, daß sich die rothe Farbe nach außen, die violette aber nach innen zeigt. Außer diesem **Hauptregenbogen** sieht man gewöhnlich noch einen zweyten, oder **Nebenregenbogen**, über dem erstern, in welchem sich die Farben in umgekehrter Ordnung, aber schwächer zeigen. Diese Erscheinung hat ganz ihren Grund in der Reflexion der Sonnenstrahlen innerhalb der Regentropfen der Wolke, und in der verschiedenen Brechbarkeit des weißen Lichts.

§. 1550. Um dieses Phänomen gehörig zu erklären, müssen wir zu der im Vorhergehenden nach **Newton** vorgetragenen Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit der Arten des homogenen Lichts zurückgehen. Der auf einen Regentropfen schief fallende Sonnenstrahl geht nach dem Brechen gegen den Perpendikel theils hindurch, theils wird er

von der hintern Fläche des Tropfens wieder reflectirt, und nach der äußern zugeworfen, oder erleidet auch wohl im Tropfen eine doppelte Reflexion; beym Ausgange in der Luft wird der Strahl nicht nur vom Perpendikel abwärts gebrochen, sondern auch, wie im Prisma, und in jeder schiefen Fläche, in seine sieben Grundfarben gespalten. Diese einfachen farbigen Strahlen machen nicht einerley Winkel mit dem einfallenden Strahle. Der rothe Strahl wird am wenigsten gebrochen, der violette am stärksten. Der Winkel, welchen der einfache Sonnenstrahl und der einfach zurückgeworfene rothe Strahl mit einander machen, beträgt nach Newton 42° 2′, und der des violetten und des Sonnenstrahl 40° 17′; die übrigen einfachen Strahlen dazwischen machen einen Winkel, der sich diesem oder jenem mehr nähert, je näher sie in der Ordnung diesem oder jenem liegen. Der Winkel, welchem der zweymal im Tropfen reflectirte rothe Strahl mit dem einfallenden macht, beträgt 50° 57′, und beym violetten 54° 7′.

Newton optice, L. I. Part. II.

§. 1551. Jetzt läßt sich nun die Erklärung des Regenbogens leicht machen. Es sey (Fig. 178.) das Auge des Beobachters in O, und sehe nach einer Regenwolke, so daß es die Sonne hinter sich habe. Von der Sonne gehen unzählige Strahlen nach dem aus der Wolke fallenden Regen, die wir für parallele halten können. Es falle ein Strahl von S auf den Tropfen A in b, so wird er in demselben erst dem Perpendikel durch Brechung zugelenkt werden, und nach a auf die hintere Fläche des Tropfens treffen. Hier wird zwar ein Theil Licht des Strahls hindurchgehn, ein anderer Theil aber doch nach c reflectirt, beym Ausgange vom Perpendikel abgelenkt, und in seine Grundfarben gespalten werden. Er gelangt unter dem Winkel SAO = 40° 17′ ins Auge, und ist also violettes Licht. Die andern Arten des Lichts dieses Strahls treffen wegen ihrer Divergenz das Auge in O nicht. Auf den Tropfen B fällt ebenfalls ein Sonnenstrahl, und wird, wie der vorige, darin reflectirt und beym Ausgange

gebrochen. Er komme unter dem Winkel SBO = 42° 2′ ins Auge in O, das also die rothe Farbe wahrnimmt. Die andern Farben erscheinen zwischen A und B nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit. Man denke sich einen Sonnenstrahl SOM durch das Centrum der Pupille des Auges gehend, und den Winkel BAO und SM als um eine Achse beweglich: so ist klar, daß an allen Stellen des ganzen Weges, welchen BA beschreibt, dieselben Farben erscheinen werden, wenn daselbst die Regentropfen Statt finden. Der Regenbogen ist demnach als ein Theil der Peripherie der Basis eines Kegels anzusehen, dessen Spitze der Mittelpunkt der Pupille des Auges ist. Hieraus erhellet, daß jeder Beobachter seinen eigenen Regenbogen wahrnimmt. Die Sonne, das Auge, und der Mittelpunkt des Regenbogens sind immer in einerley gerader Linie.

§. 1552. Auf die angeführte Art entsteht der Hauptregenbogen, oder der innere (§. 1548), bey welchem die Strahlen in den Regentropfen nur einmal zurückgeworfen werden. Wenn aber Strahlen SC, SD in f und g der Tropfen C und D auffallen, so erleiden sie eine doppelte Reflexion in d, d, wodurch sie natürlicherweise mehr geschwächt werden, die Farben aber in umgekehrter Ordnung erscheinen müssen, nehmlich in C roth und in D violett, wenn der Winkel SCO 50° 57′, und der Winkel SDO 54° 7′ beträgt (§. 1550.).

§. 1553. Wenn man HR mit dem Horizonte parallel durch O zieht, so ist der Winkel SOR = HOM; und die Höhe der Sonne über dem Horizonte beträgt so viel, als die Erniedrigung des Mittelpunkts M des Regenbogens unter demselben. Hieraus folgt also ganz natürlich, daß, je höher die Sonne am Horizonte steht, man um desto weniger vom Regenbogen sieht. Wenn die Sonne 42° über dem Horizonte ist, so kann der Hauptregenbogen nicht mehr gesehen werden; und auch nicht einmal mehr der zweyte oder äußere, wenn die Höhe der Sonne über den Horizont

54° und darüber beträgt. Wenn SM mit HR zusammenfällt, so erscheint die Hälfte des Kreises vom Regenbogen; und noch ein größerer Theil kann gesehen werden, wenn die Sonne noch nach ihrem Untergange in Regenwolken ihre Strahlen senden kann. Cassini, Kraft und Bergmann haben solche Beobachtungen. Wenn das Auge so hoch zu stehen kommen könnte, daß es bis 42° unter M sehen könnte, so würde es den Hauptregenbogen als einen völligen Kreis erblicken, wie ihn der Graf von Mirandola gesehen zu haben bezeugt.

Torb. Bergmann de arcus coelestis explicationibus; in seinen *opusc. phys.-chem.* Vol. V. S. 514. (Ich bin ihm in seiner gedrungenen Erklärung hier ganz gefolgt.) Die Geschichte der Meynungen über die Entstehung des Regenbogens sehe man auch bey ihm.

„Die Nebenregenbögen sind wahrscheinlich die Erfolge einer die doppelte Brechung und Reflexion des Lichts in jedem einzelnen Regentropfen (welche den Regenbogen entstehen macht) begleitenden Polarisation des Lichts; vergl. Schmidt's Naturl. B. II. S. 760 ff. Kr."

§. 1554. Nicht die Dünste der Wolken sind es, welche den Regenbogen bilden, sondern wirkliche Tropfen des Regens. Wenn an einer Stelle der Wolke die Regentropfen fehlen, so bildet sich kein zusammenhängender Bogen, und man nennt ein solches kurzes Stück des Regenbogens eine Regengalle. Uebrigens erhellet noch aus dem Angeführten leicht, daß wir alle Augenblicke einen andern Regenbogen sehen; daß wir bey uns nie in Süden einen Regenbogen erblicken; daß er also lebhafter erscheinen müsse, je dunkler die dahinter stehende Wolke ist, und daß auch ein umgekehrter Regenbogen erscheinen könnte, wenn die Sonnenstrahlen von einer stillen Wasserfläche im fallenden Regen reflectirt werden. Auch das von Wasserfällen als Regen in die Höhe gespritzte Wasser kann dem Zuschauer in der gehörigen Stellung der Sonne einen Regenbogen zeigen. Daß die Breite des Sonnenregenbogens größer wahrgenommen wird, als aus der oben angeführten Bestimmung der Winkelgröße folgt, hat seinen Grund darin, daß wegen des scheinbaren Durchmessers der Sonne Einiges in Ansehung

dieser Winkel eine Abänderung erleidet. — Auch der Mond kann einen, obwohl weit schwächern, Regenbogen hervorbringen.

§. 1555. Höfe ((coronae, halones), oder größere und kleinere helle Ringe um die Sonne oder den Mond, entstehen ohne Zweifel ebenfalls nach den Gesetzen der Reflexion, Brechung und Zerstreuung des Lichtes in unserer Atmosphäre; nur wissen wir nicht die Beschaffenheit dieser Dünste mit Gewißheit zu bestimmen. Die Bildung der so genannten Nebensonnen und Nebenmonde ist ebenfalls bis jetzt noch nicht ins Licht gesetzt; und so wenig ich mich von dem Daseyn der Schnee- und Hagelwolken in der Luft überzeugen kann, so wenig kann ich auch glauben, daß sie durch vertical in der Luft schwebende Eisnadeln hervorgebracht würden.

„Wenn bey Frostkälte Wolken und Nebel vorhanden seyn können, so kann man die Möglichkeit von Eistheilchen, die wegen ihrer Kleinheit und Leichtigkeit in der Luft schwimmen, nicht bezweifeln. Bloß der wirklich ausdehnsame und daher unsichtbare Wasserdunst scheint bey der Frostkälte nicht zu gefrieren. Der sichtbare Wasserdunst ist ursprünglich tropfbares Wasser, das also in einer Temperatur unter 0° nothwendig frieren muß. Ueberdieß ist ja das Eis sogar specifisch leichter, als das Wasser; und der Rauch, der aus unsern Schornsteinen steigt, lehrt ja deutlich, daß auch kleine feste Massen als sichtbarer Dampf in der Luft schweben können. F."

„Brandes leitet die Höfe von einer Brechung des Lichts in den Nebel- oder Dunstbläschen ab, und erklärt hieher gehörige Erscheinungen nach der Theorie des Regenbogens; Gilbert's Ann. B. XI. S. 414 ff. Vergl. auch Mayer in den Götting. Comment. ad. A. 1804—8. T. XVI. Kr."

§. 1556. Die Abend- und Morgenröthe rührt daher, daß von den auf die Wolken oder Dünste der Atmosphäre fallenden Strahlen der Sonne nur die rothen allein in unser Auge reflectirt werden. — Das sogenannte Wasserziehen der Sonne hat seinen Grund in der Erleuchtung der Dünste der Atmosphäre durch Sonnenstrahlen, welche durch Oeffnungen dunkler Wolken oder zwischen denselben durchdringen.

Anhang.

Das Gesetzmäßige der chemischen Verbindungen, als Zusatz zu §. 1040. (S. 613.)

Neuere Untersuchungen haben gelehrt, daß weder die Grundstoffe unter sich, noch deren einfachere und zusammengesetztere Verbindungen sich mit einander in allen denkbaren Verhältnissen zu mischen vermögen, sondern daß vielmehr sämmtliche selbstständige Mischungen in bestimmten und unwandelbaren Verhältnissen statt haben, wobey jeder einzelne Stoff den anderen gegen einen dritten mit einer seiner besonderen Natur entsprechenden Menge (Massengröße) zu vertreten vermag, so daß die Menge, mit welcher ein Stoff A den Stoff B aufnimmt und von diesem aufgenommen wird, der Ausdruck seiner besonderen chemischen Wirksamkeit ist, den er in allen übrigen Verbindungen, in welchen er seinen Gegenstoff (hinsichtlich chemischer Ziehgewalt) bis zu einem gleichen Grade erschöpft, beybehält. Je zwey Grundstoffe vermögen sich also in Beziehung auf sättigende Mischbarkeit gegen einen dritten, gegenseitig, mit ihren Anziehungsgewalten entsprechenden Massengrößen zu vertreten, und unter allen Grundstoffen sind der Sauerstoff und Wasserstoff vorzüglich dazu geeignet, durch Vergleichung ihrer gegenseitigen Mischungsgrößen mit jenen der übrigen Grundstoffe, die Mischungsgrößen der letzteren in bestimmten Zahlen auszudrücken. Diese Zahlen nennt man die stöchiometrischen (oder chemischen) Werthe (oder Zahlen) oder die chemischen Aequivalente der Grundstoffe, aus denen dann die jedes gegebenen bekannten Gemisches leicht berechnet werden können. Sie beziehen sich entweder auf Maaß- (Raum-) Theile oder gewöhnlicher auf Gewichts-

theile, in welchen sich die Stoffe in Absicht auf Sättigungsfähigkeit einander zu ersetzen vermögen; daher die Ausdrücke Mischungsmaaß und Mischungsgewicht.

Folgende Uebersicht liefert die Namen der Grundstoffe, mit Beyfügung ihrer chemischen Zahlenwerthe und der neuern von Berzelius in Vorschlag gebrachten Zeichen:

Namen des Grundstoffs	Zeichen desselben	Chemischer Zahlenwerth oder stöchiometrische Zahl.
Sauerstoff	O	1,000
Wasserstoff	H	0,125
Kohlenstoff	C	0,750
Stickstoff	A	1,750
Schwefel	S	2,000
Phosphor	P	4,000
Selenium	Se	4,959
Chlor	Ch	4,426
Jode	J	15,500
Fluor	F	2,250
Boron	B	0,548
Kalium	K	4,500
Sodium	N	5,795
Lithium	L	1,278
Calcium	Ca	2,551
Baryum	Ba	8,572
Strontium	Sr	5,522
Magnium	Ms	1,564
Silicium	Si	0,9872
Aluminium	Al	1,1401
Zirkonium	Zr	4,565
Thorinium	T	(?)
Beryllium	Be	2,244
Yttrium	Y	4,595
Tantal	Ta	18,250
Demetrium	Ce	11,457
Chrom	Cr	3,535
Titan	Ti	9,000
Uran	U	13,387
Scheel	W	12,121
Molybdän	Mo	5,985

Namen des Grundstoffs	Zeichen desselben	Chemischer Zahlenwerth, oder stöchiometrische Zahl.
Mangan	Mn	7,116
Tellur	Te	4,065
Arsenik	As	9,402
Stibium	Sb	16,129
Wismuth	Bi	8,904
Kobalt	Co	7,526
Nickel	Ni	7,558
Eisen	Fe	6,779
Kadmium	Ka	6,967
Zink	Zn	4,065
Zinn	Sn	14,705
Bley	Pb	25,890
Kupfer	Cu	8,000
Merkur	Hg	25,062
Silber	Ag	13,516
Palladium	Pl	7,057
Rhodium	R	15,015
Osmium	Os	(?)
Iridium	Ir	6,034
Platin	Pt	12,067
Gold	Au	25,000

Verhalten sich die Gewichtsmengen zweyer Stoffe z. B. 2 A und 2 B, welche eine bestimmte Menge eines dritten Stoffes, 2 C sättigen, zu einander wie a : b, so wird dieses Verhältniß a : b dasselbe bleiben, wenn sie eine bestimmte Menge eines dritten Stoffes D, und überhaupt, wenn sie die bestimmte Menge irgend eines dritten Stoffes sättigen. — In nachstehender Uebersicht findet man die chemischen Proportionen einiger der bekanntesten Gemische, als Beyspiel der Anwendung obigen Gesetzes:

Namen des Gemisches	Zeichen	Stöchiometrische Zahl.
Wasser	HO	1,125
Atmosphärische Luft	A^2O	4,500
Salpetersäure	AO^5	6,750
Kohlensäure	CO^2	1,750
Schwefelsäure	SO^3	5,000

Namen des Gemisches	Zeichen	Stöchiometrische Zahl.
Salzsäure	ChH	4,551
Kali	KO	5,500
Kalk	CaO	3,551
Kieselerde	SiO	1,987
Oelzeugendes Gas	CH	0,875
Kohlenwasserstoffgas	CH^2	1,000
Holzkohle	$C^{12}H$	9,125
Ammoniak	AH^3	2,125
Schwefelwasserstoff	SH	2,125
Blaustoff (Cyanogen)	AC^2	5,250
Blausäure	HAC^2	5,375
Thierkohle	AC^6	6,250
Kohlensaurer Kalk	$CO^2 + CaO$	6,501
Essigsäure	$H^3C^4O^3$	6,375
Weinsäure	$H^2C^4O^5$	8,250
Saures weinsaures Kali (Weinstein)	$2(H^2C^4O^5) + KO$	22,000
Stärkste tropfbare Schwefelsäure	$SO^3 + HO$	6,125

Verbindet sich ein Stoff mit einem anderen in mehr als einer Proportion, so wirkt er bey jedem neuen Verbindungsverhältniß stets gemäß seinem ursprünglichen, chemischen Werthe (wirkte er mit einer anderen Zahl, so müßte er derselbe Stoff zu seyn aufgehört haben) und dieses ist der Grund, warum z. B. die in mehreren Abstufungen oxydirbaren Metalle, in der kleinsten Menge des aufgenommenen Sauerstoffs einen communis divisor haben, für alle übrige Sauerstoffmengen der übrigen Oxydationsstufen des Metalles, und eben so für die Sauerstoffmengen der mit dem Oxyde einbaren (Sauerstoffhaltigen) Säuren: vgl. m. Einleitung in die neuere Chemie 4. Abschnitt u. m. Syst. d. Chem. S. 24 u. f. — Vergl. auch dies. Grundr. oben §. 118 u. f., und §. 9. Anm. S. 4 bis 5.

Kr."

Register.

Die Zahl bedeutet den Paragraphen, N. die Note desselben.

A.

C.

F.

Holz

N.

U.

V.

Y.

Z.

Druckfehler.

S. 2. Z. 17. von oben statt Bewegung lies Begränzung.
S. 8. Z. 2. v. oben statt Galilni lies Galilei.
S. 69. Z. 9. von unten statt verstarrbare l. erstarrbare.
S. 142. Z. 8. von unten füge nach multiplicirt hinzu; vergl. §. 264.
S. 142. Z. 9. v. u. setze nach bekannte halbe.
S. 217. Z. 17. v. u. statt liefert lies leistet.
S. 247. Z. 18 und 17. v. u. statt umgebogene lies ungebogne.
S. 448. Z. 18. von oben statt spalte lies halte.

Halle, gedruckt in der Gebauerschen Buchdruckerey.

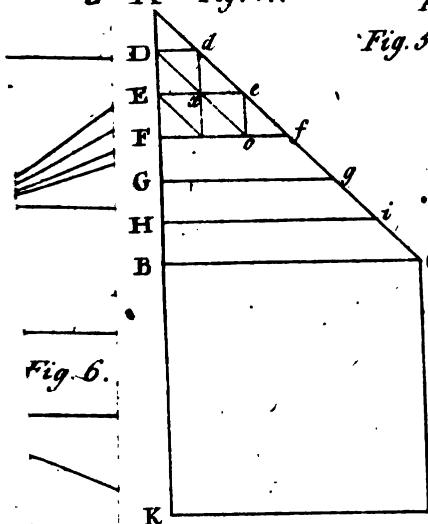


Fig. 4.

Fig. 6.

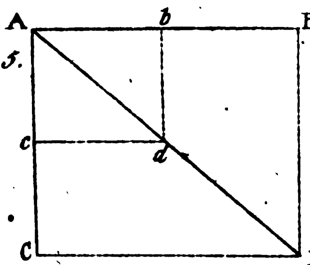


Fig. 5.

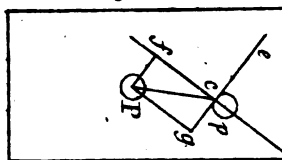
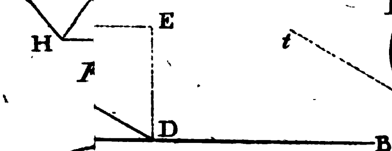


Fig. 9. b



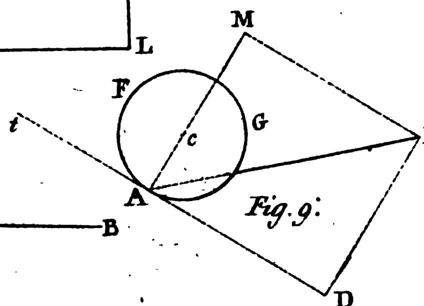


Fig. 9.

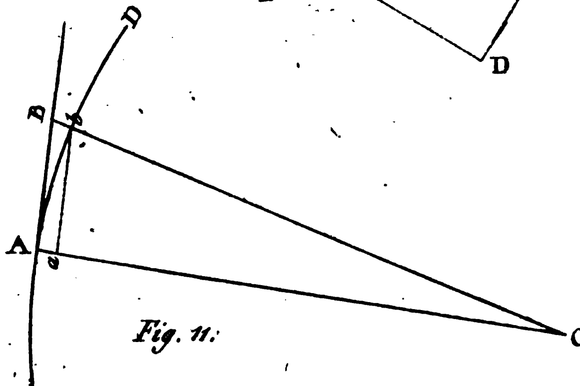


Fig. 11.

A
B
a
b
C
E
G

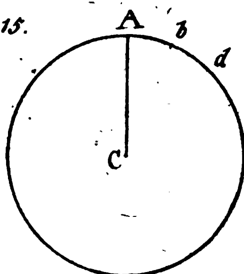


Fig. 15.

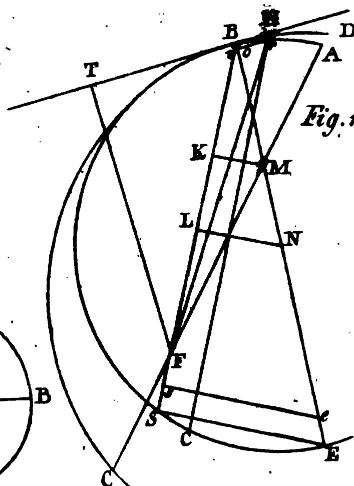


Fig. 16

g
B
f
e

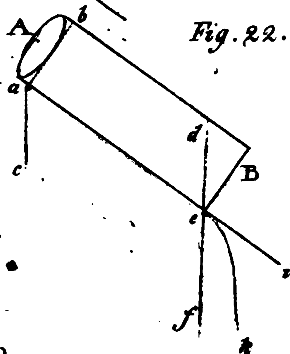


Fig. 22.

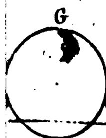


Fig. 20.

21.

C
D



Fig. 25.



Fig. 27.

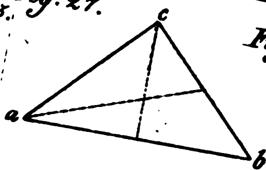


Fig. 28.

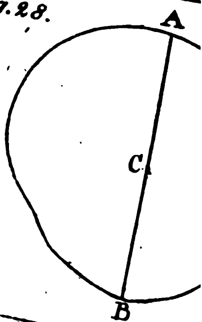


Fig. 31.

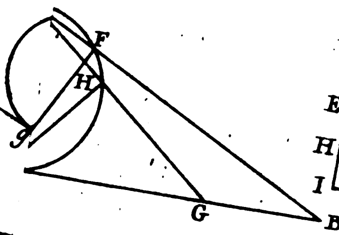


Fig. 32.

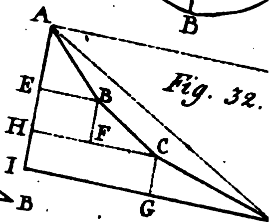


Fig. 34.

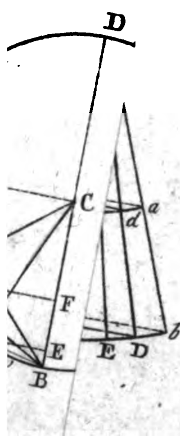
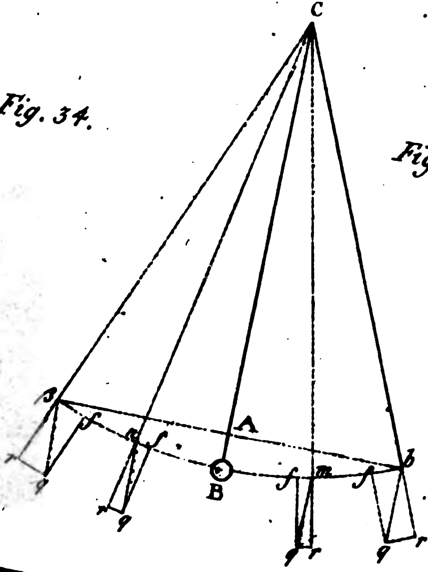
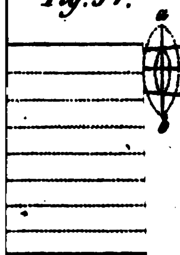
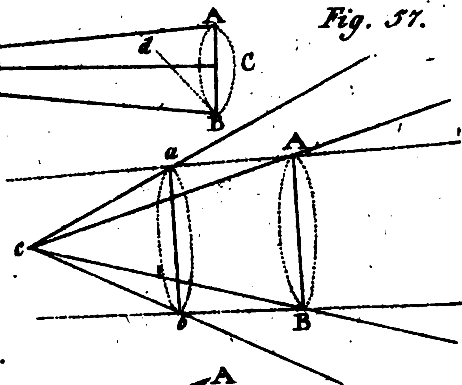


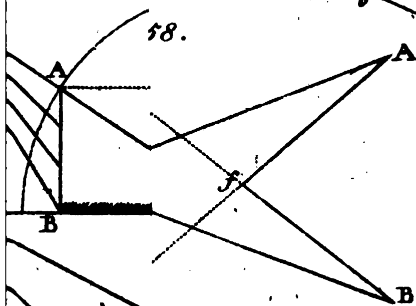
Fig. 33.

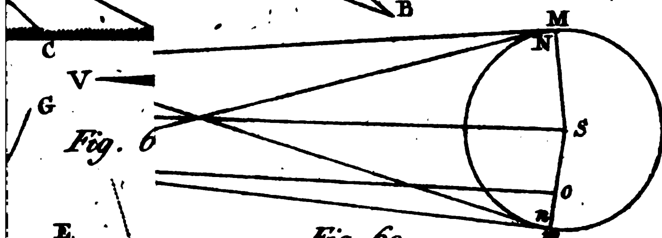


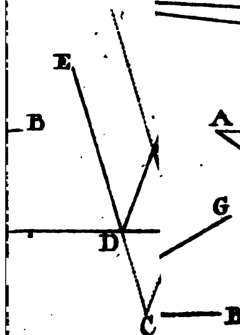
Tab. V.

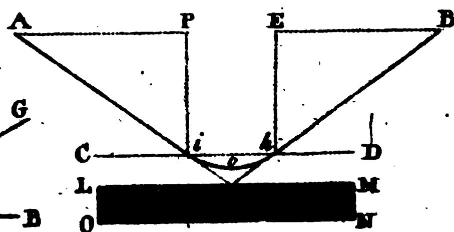

Fig. 54.
a
b


A
C
d
B
Fig. 57.
a
A
c
b
B

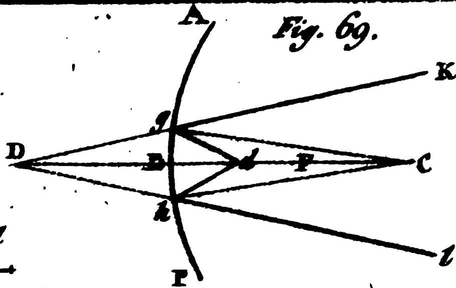

Fig. 59.
58.
A
B
A
f
B
C
Fig. 61.


M
N
V
S
G
o
n
m

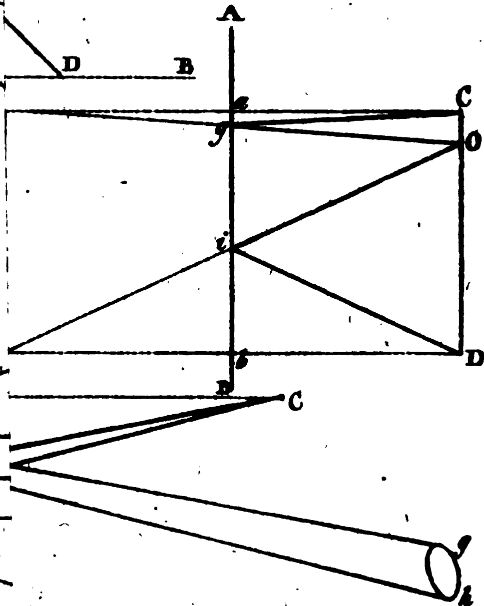

Fig. 6
E
B
D
G
C
B

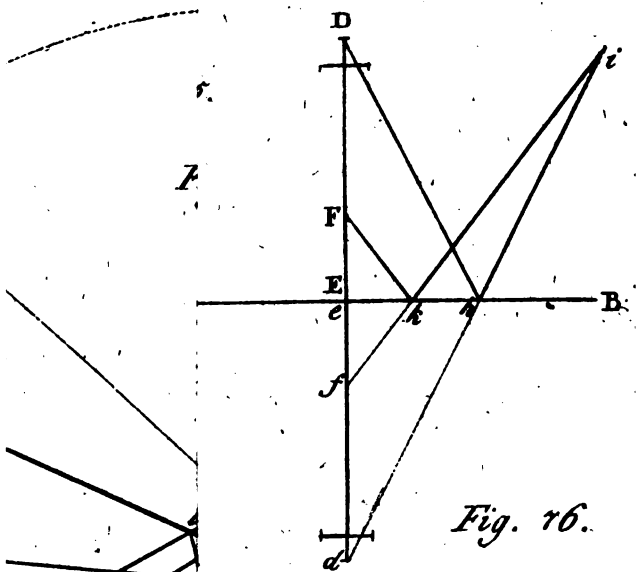

Fig. 62.
A
P
E
B
C
i
k
D
e
L
M
O
N

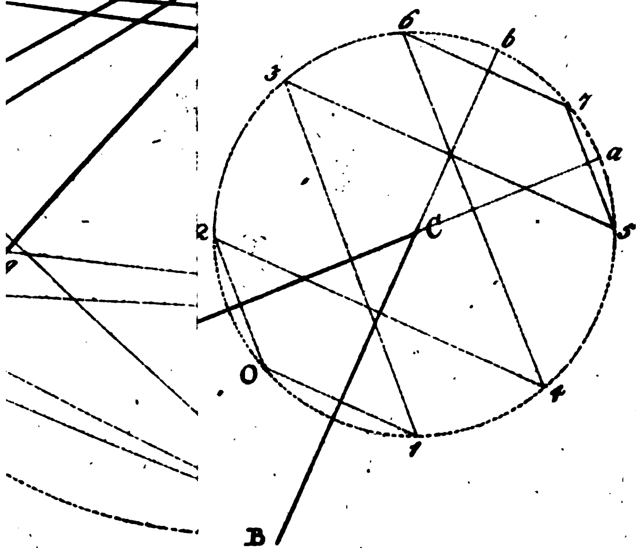
Tab. VI.

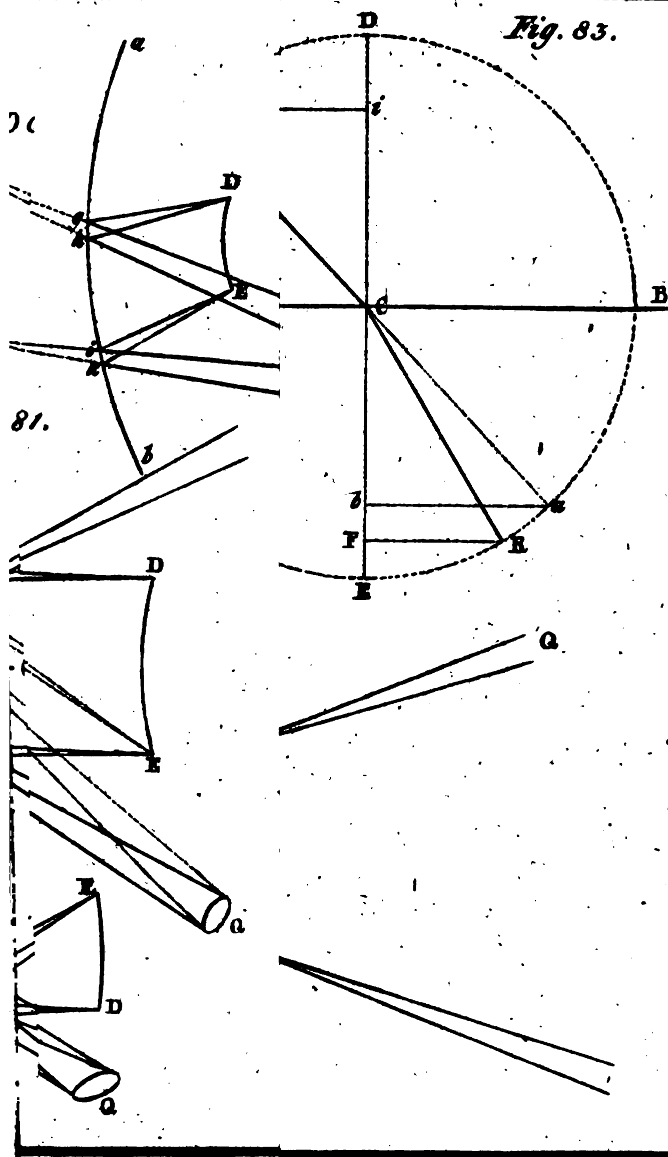







D
i
F
E
e
k
h
B
f
d
Fig. 76.


6
b
3
7
a
2
C
5
O
4
1
B


Fig. 83.
D
i
C
B
b
a
F
R
E
Q
a
D
E
b
81.
D
E
Q
E
D
Q

Tab. IX.

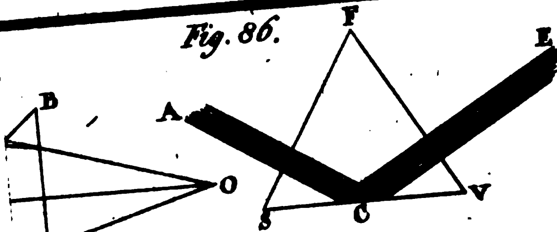


Fig. 86.

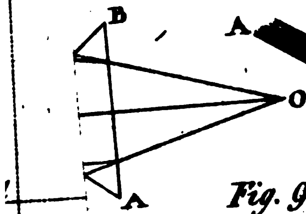


Fig. 94.

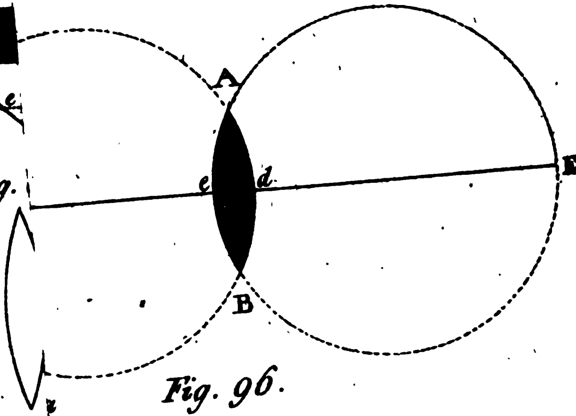


Fig. 96.

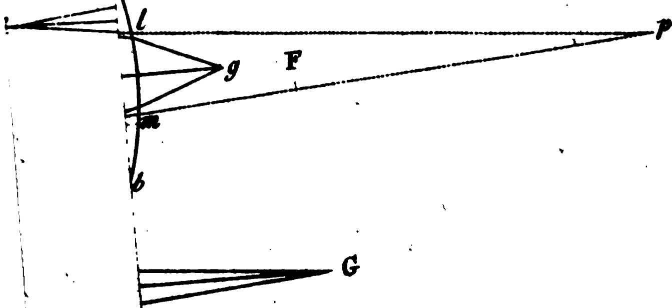
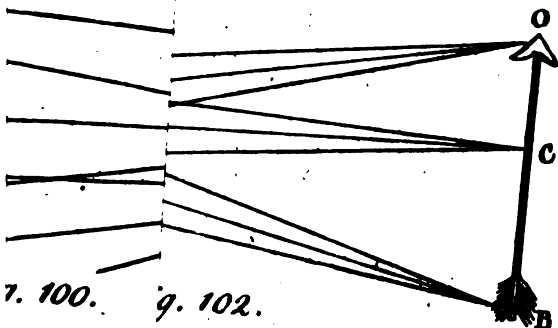


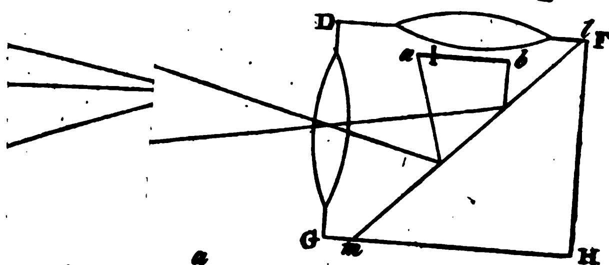


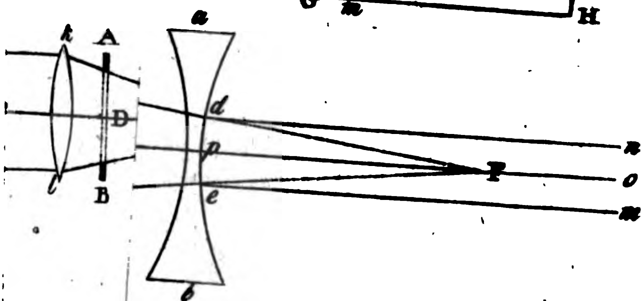
Fig. 99.



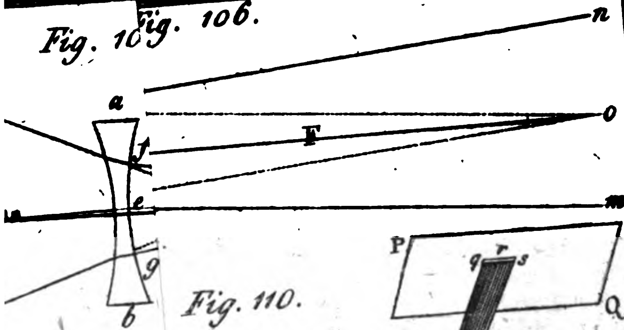
7. 100.

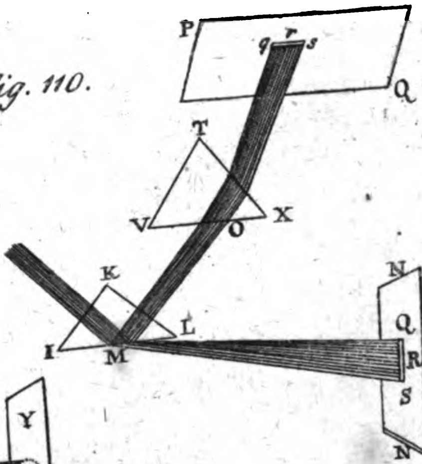
q. 102.





Tab. XI.

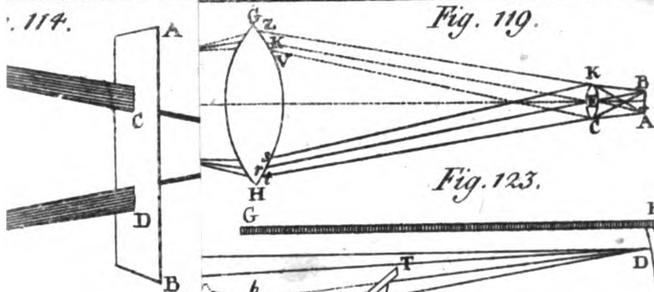








v
y
r
m
f
k
h
r
g
v



. 114.
A
C
D
B
Fig. 119.
G
z
K
V
K
B
E
C
A
s
r
t
H

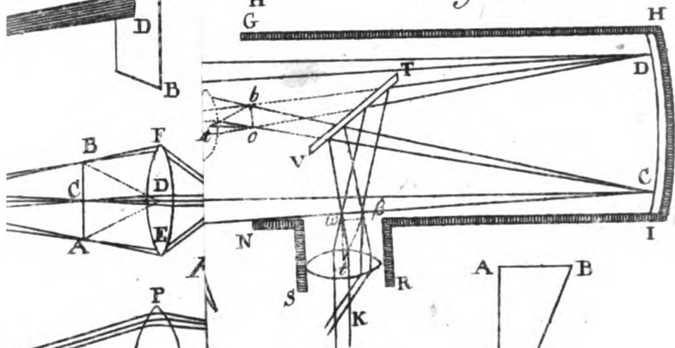
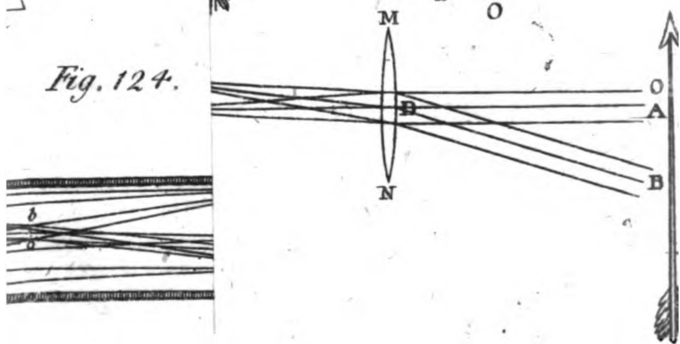


Fig. 123.
G
H
D
T
b
o
V
B
F
C
D
C
A
E
N
I
S
R
K

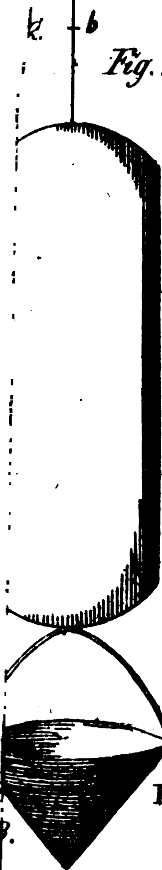


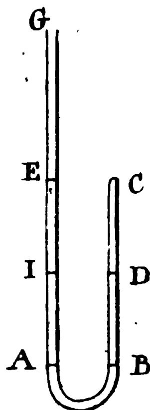
A
B
Fig. 117.
a
b
L
C
M
Q
O

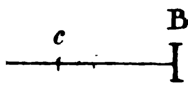


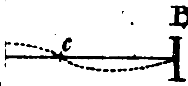
P
K
Q
Fig. 124.
M
O
D
A
B
N
b

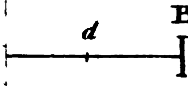

134.
P
b

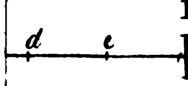

Fig. 1
X
F
E

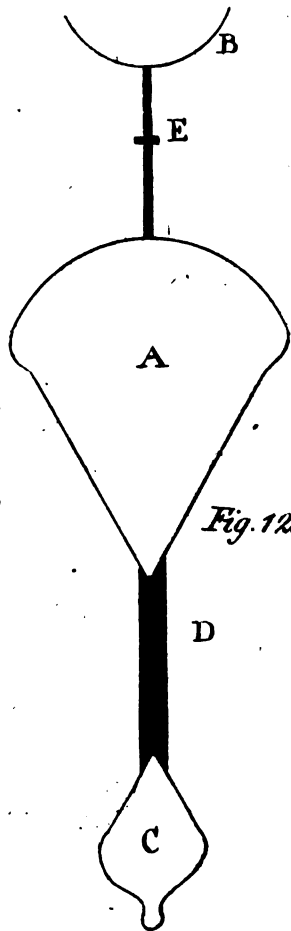

Fig. 136.
G
E
C
I
D
A
B


c
B


c
B


d
B


d
e
B


B
E
A
Fig. 128
D
C

Taf. XIV.

ig. 141.

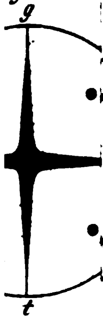


Fig. 144.

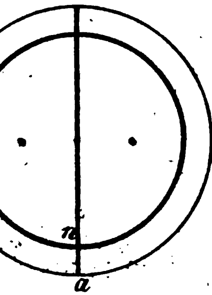
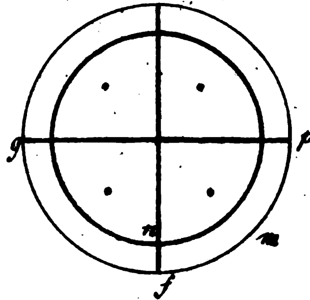


Fig. 145.



ig. 146.

Fig. 149.

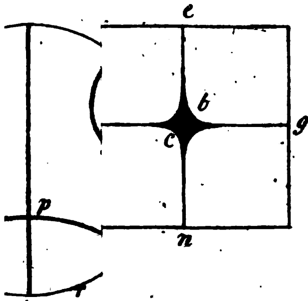


Fig. 150.

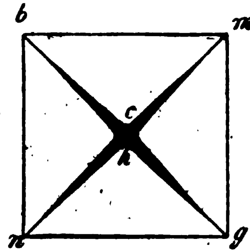


Fig. 154.

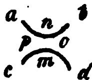
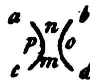
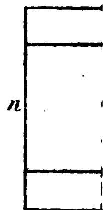
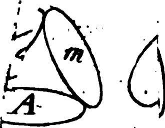


Fig. 155.





.157.



61.

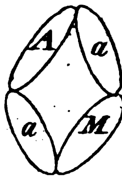


Fig. 162.

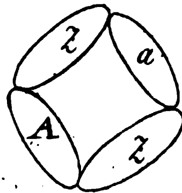


Fig. 163.

Fig. 16 . 169.

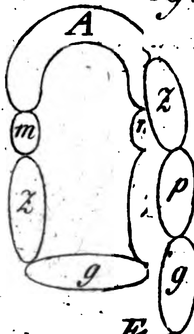


Fig. 170.

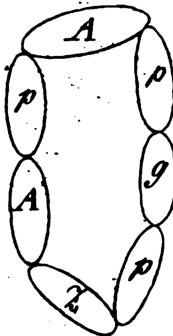
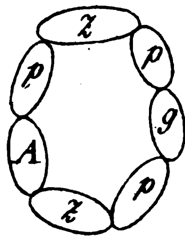
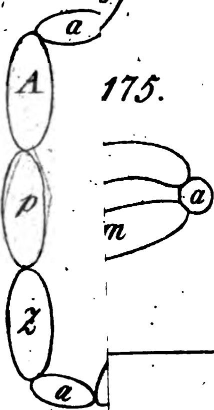


Fig. 171.



Fi



175.

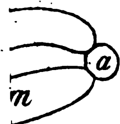
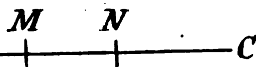
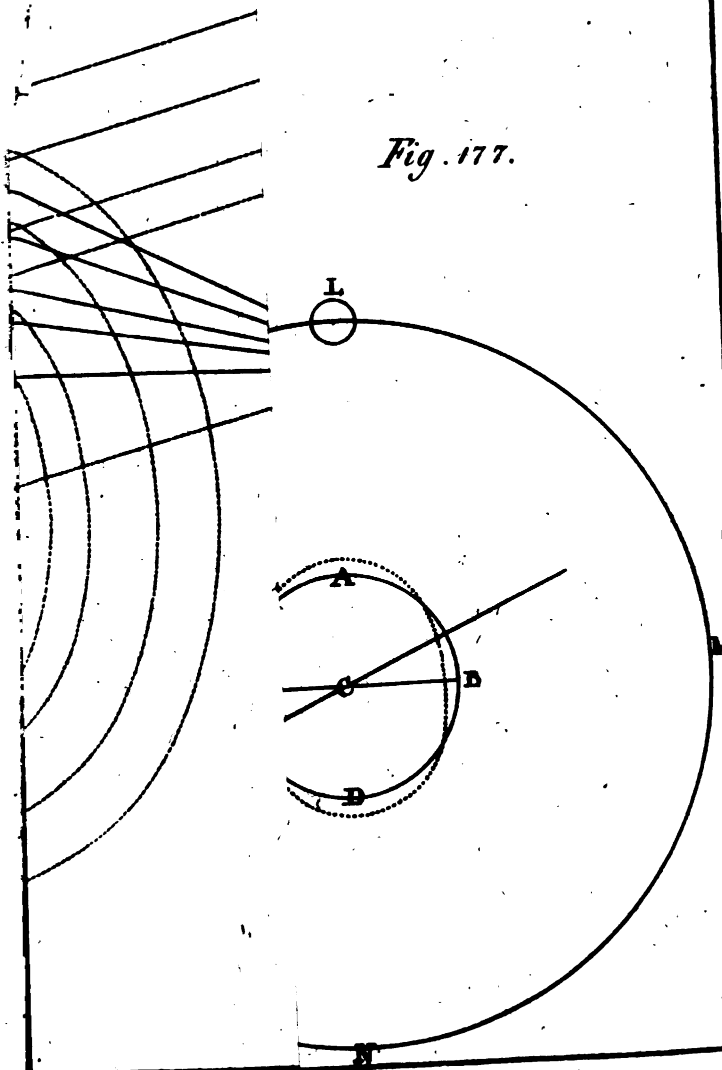


Fig. 176.



Tab. XVI.



Ausdehnung verschiedener Flüssigkeiten S. 558.
Ausdehnung der Wasser Dämpfe - - S. 585.